

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 6 月 24 日 (24.06.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/053953 A1

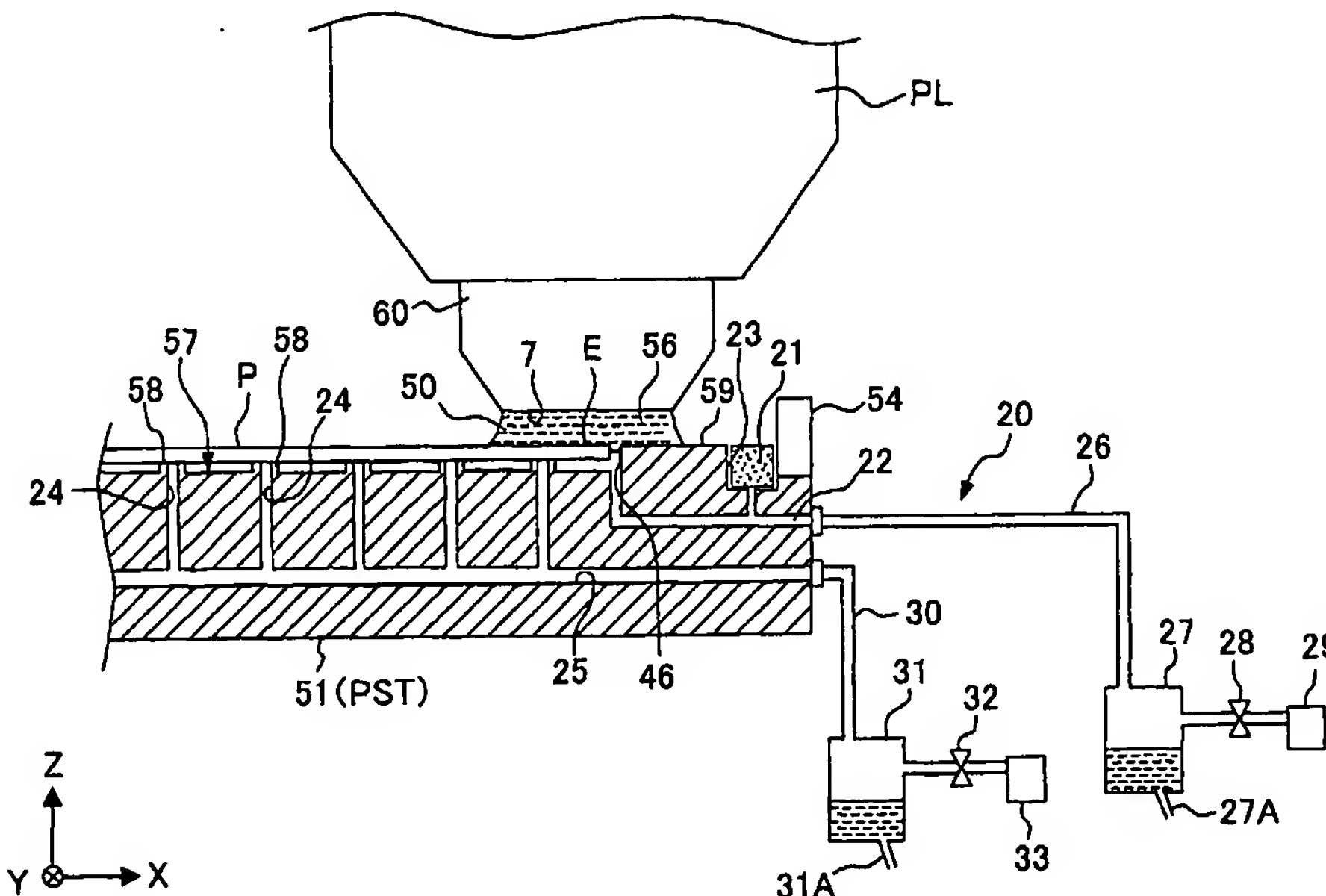
- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/027, G03F 7/20
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015666
- (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 8 日 (08.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2002-357958  
2002 年 12 月 10 日 (10.12.2002) JP  
特願 2003-296491 2003 年 8 月 20 日 (20.08.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社  
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331  
東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 根井 正洋

- (NEI, Masahiro) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).  
小林 直行 (KOBAYASHI, Naoyuki) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).  
荒井 大 (ARAI, Dai) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).  
大和 社一 (OWA, Soichi) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 川北 喜十郎 (KAWAKITA, Kijuro); 〒160-0022 東京都新宿区新宿五丁目 1 番 15 号 新宿MMビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

(54) Title: EXPOSURE APPARATUS AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(54) 発明の名称: 露光装置及びデバイス製造方法



(57) Abstract: An exposure apparatus, wherein an exposure of a substrate (P) is carried out by locally filling the image plane side of a projection optical system (PL) with a liquid (50) and projecting an image of a pattern onto the substrate (P) through the projection optical system (PL) and the liquid (50), comprises a recovery unit (20) for recovering the liquid (50) flowed out of the substrate (P). With this apparatus, an accurate pattern transfer can be attained by suppressing environmental variations even when a liquid flows out of a substrate during exposure by an immersion method.

[続葉有]



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS,  
MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特  
許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッ  
パ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 露光装置は、投影光学系PLの像面側を局所的に液体50で満たし、液体50と投影光学系PLとを介してパターンの像を基板P上に投影することによって、基板Pを露光するものであって、基板Pの外側に流出した液体50を回収する回収装置20を備えている。液浸法で露光処理する場合に、基板の外側に液体が流出しても環境変動を抑えて精度良くパターン転写できる。

## 明細書

## 露光装置及びデバイス製造方法

## 技術分野

本発明は、投影光学系の像面側を局所的に液体で満たした状態で投影光学系によって投影したパターンの像で露光する露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法に関するものである。

## 背景技術

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用する露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度 $\delta$ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots \quad (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、 $\lambda$ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 $k_1$ 、 $k_2$ はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長 $\lambda$ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度 $\delta$ が狭くなることが分かる。

焦点深度 $\delta$ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば国際公開第99/49504号公報に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$ （ $n$ は液体の屈折率で通常1.2～1.6程度）になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 $n$ 倍に拡大するというものである。

ところで、上記従来技術には以下に述べる問題が存在する。上記従来技術は、投影光学系の像面側の下面と基板（ウエハ）との間を局所的に液体で満たす構成であり、基板の中央付近のショット領域を露光する場合には液体の基板外側への流出は生じない。しかしながら、図14に示す模式図のように、基板Pの周辺領域（エッジ領域）Eを投影光学系の投影領域100に移動して、この基板Pのエッジ領域Eを露光しようとする、液体は基板Pの外側へ流出してしまう。この流出した液体を放置しておくと、基板Pがおかれている環境（湿度など）の変動をもたらし、基板Pを保持する基板ステージ位置情報を計測する干渉計の光路上や各種光学的検出装置の検出光の光路上の屈折率の変化を引き起こすなど、所望のパターン転写精度を得られなくなるおそれが生じる。更に、流出した液体により、基板Pを支持する基板ステージ周辺の機械部品などに錆びを生じさせるなどの不都合も生じる。基板Pのエッジ領域Eを露光しないことにより液体を流出させないようにすることも考えられるが、エッジ領域Eにも露光処理を施してパターンを形成しておかないと、後工程である例えばCMP（化学的機械的研磨）処理時において、CMP装置の研磨面に対してウエハである基板Pが片当たりして良好に研磨できないという別の問題が生じる。更に、流出した液体が、真空系（吸気系）の管内に浸入してしまうと、真空源となる真空ポンプなどが破損したり、故障したりするおそれもあった。

#### 発明の開示

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、投影光学系と基板との間を液体を満たして露光処理する場合において、精度良くパターン転写できる露光装置及び露光方法、並びにこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図13に対応付けた以下の構成を採用している。但し、各要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定する意図は無い。

本発明の第1の態様に従えば、パターンの像を液体（50）を介して基板（P）上に転写して基板を露光する露光装置であって、  
パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と、  
前記基板の外側に流出した液体を回収する回収装置（20）を備える露光装置（EX）が提供される。

本発明によれば、基板の外側に液体が流出しても、この流出した液体は放置されずに回収装置で回収される。したがって、基板のおかれている環境の変動が抑えられるとともに、基板を支持する基板ステージ周辺の機械部品に錆びなどが発生するといった不都合の発生も抑えられるので、基板に対して精度良くパターン転写でき、高いパターン精度を有するデバイスを製造することができる。

本発明の第2の態様に従えば、パターンの像を液体（50）を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって、  
パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と、  
前記基板の上方から液体を供給する液体供給機構（1）と、  
前記液体供給機構（1）から供給された液体を回収する回収装置（20）とを備え、

前記回収装置は、前記基板の上方から液体の回収をしない露光装置（EX）が

提供される。

本発明によれば、基板の上方からでなくとも液体を回収（吸引）を行うことができる。それゆえ、基板の露光中に音や振動が発生するのを防止できる。また、基板の外側に流出した液体は回収装置によって回収されるので、基板の置かれている環境の変動や機械部品の錆び等の発生を防止することができる。したがって、基板に精度良くパターンを形成することができ、高いパターン精度を有するデバイスを製造することができる。

本発明の第3の態様に従えば、パターンの像を液体（50）を介して基板（P）上に転写して基板を露光する露光装置であって、  
パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と、  
吸気口（24）を有する吸気系（26，28，29，30，32，33）と、  
該吸気口から吸引された液体を回収する回収装置（20）とを備える露光装置（EX）が提供される。

本発明によれば、例えば液体が流出して、吸気系の吸気口に液体が流入しても、その液体が回収され、その吸気の源としての真空源への液体の浸入が防止される。それゆえ、液浸露光を行っても、吸気系の機能が保証され、確実に基板を高精度なパターンで露光してデバイスを製造することができる。

本発明の第4の態様に従えば、パターンの像を液体（50）を介して基板（P）上に転写して基板を露光する露光装置であって、  
パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と、  
前記基板を保持する基板ステージ（PST）と、  
前記基板ステージに少なくとも一部が設けられ、液体の回収を行う回収装置（20）とを備える露光装置が提供される。本発明の露光装置は、基板の置かれている環境の変動や機械部品の錆び等の発生を防止することができる。



本発明の第5の態様に従えば、投影光学系により所定パターンの像を基板上に転写することで基板を露光する露光方法であって、

前記投影光学系と前記基板との間に液体を基板の上方から供給することと、

前記供給された液体を、基板の外側で且つ基板より低い位置から回収することと、

前記液体の供給及び回収が行われている間に前記基板を露光することを含む露光方法が提供される。

本発明の露光方法では、液浸露光を行う際に、液体を基板の上方から供給するとともに基板の保持位置よりの下方から液体を回収するので、基板の露光中に音や振動が発生するのを有効に防止することができる。

本発明では、さらに、上記第1～4のいずれかの態様の露光装置（EX）を用いるデバイス製造方法が提供される。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図2は、投影光学系の先端部と液体供給装置及び液体回収装置との位置関係を示す図である。

図3は、供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。

図4は、供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。

図5は、回収装置の一実施形態を示す斜視図である。

図6は、回収装置の一実施形態を示す要部拡大断面図である。

図7は、回収装置の他の実施形態を示す要部拡大断面図である。

図8は、回収装置の他の実施形態を示す斜視図である。

図9（a）及び（b）は、回収装置の他の実施形態を示す模式的な断面図である。

図10（a）及び（b）は、回収装置の他の実施形態を示す模式的な断面図で

ある。

図 1 1 は、回収装置による液体回収動作の他の実施形態を示す図である。

図 1 2 は、回収装置による液体回収動作の他の実施形態を示す図である。

図 1 3 は、半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

図 1 4 は、従来の課題を説明するための図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の露光装置及びデバイス製造方法について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。図 1 は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

#### 第 1 実施形態

図 1 において、露光装置 EX は、マスク M を支持するマスクステージ M S T と、基板 P を支持する基板ステージ P S T と、マスクステージ M S T に支持されているマスク M を露光光 E L で照明する照明光学系 I L と、露光光 E L で照明されたマスク M のパターンの像を基板ステージ P S T に支持されている基板 P に投影露光する投影光学系 P L と、基板 P 上に液体 5 0 を供給する液体供給装置 1 と、基板 P の外側に流出した液体 5 0 を回収する回収装置 2 0 と、露光装置 EX 全体の動作を統括制御する制御装置 C O N T とを備えている。

ここで、本実施形態では、露光装置 EX としてマスク M と基板 P とを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスク M に形成されたパターンを基板 P に露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系 P L の光軸 A X と一致する方向を Z 軸方向、Z 軸方向に垂直な平面内でマスク M と基板 P との同期移動方向（走査方向）を X 軸方向、Z 軸方向及び Y 軸方向に垂直な方向（非走査方向）を Y 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわり方向をそれぞれ、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、及び  $\theta Z$  方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエ



ハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

照明光学系  $I L$  は、マスクステージ  $M S T$  に支持されているマスク  $M$  を露光光  $E L$  で照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光  $E L$  を集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光  $E L$  によるマスク  $M$  上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスク  $M$  上の所定の照明領域は照明光学系  $I L$  により均一な照度分布の露光光  $E L$  で照明される。照明光学系  $I L$  から射出される露光光  $E L$  としては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（ $g$  線、 $h$  線、 $i$  線）及び  $K r F$  エキシマレーザ光（波長  $248\text{ nm}$ ）等の遠紫外光（ $D U V$  光）や、 $A r F$  エキシマレーザ光（波長  $193\text{ nm}$ ）及び  $F_2$  レーザ光（波長  $157\text{ nm}$ ）等の真空紫外光（ $V U V$  光）などが用いられる。本実施形態では  $A r F$  エキシマレーザ光を用いている。

マスクステージ  $M S T$  は、マスク  $M$  を支持するものであって、投影光学系  $P L$  の光軸  $A X$  に垂直な平面内、すなわち  $X Y$  平面内で 2 次元移動可能及び  $\theta Z$  方向に微小回転可能である。マスクステージ  $M S T$  はリニアモータ等のマスクステージ駆動装置  $M S T D$  により駆動される。マスクステージ駆動装置  $M S T D$  は制御装置  $C O N T$  により制御される。マスクステージ  $M S T$  上のマスク  $M$  の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置  $C O N T$  に出力される。制御装置  $C O N T$  はレーザ干渉計の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置  $M S T D$  を駆動することでマスクステージ  $M S T$  に支持されているマスク  $M$  の位置決めを行う。

投影光学系  $P L$  は、マスク  $M$  のパターンを所定の投影倍率  $\beta$  で基板  $P$  に投影露光するものであって、複数の光学素子（レンズ）で構成されており、これら光学素子は金属部材としての鏡筒  $P K$  で支持されている。本実施形態において、投影

光学系 P L は、投影倍率  $\beta$  が例えば  $1/4$  あるいは  $1/5$  の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、本実施形態の投影光学系 P L の先端側（基板 P 側）には、光学素子（レンズ）60 が鏡筒 P K より露出している。この光学素子 60 は鏡筒 P K に対して着脱（交換）可能に設けられている。

基板ステージ P S T は、基板 P を支持するものであって、基板 P を基板ホルダを介して保持する Z ステージ 51 と、Z ステージ 51 を支持する X Y ステージ 52 と、X Y ステージ 52 を支持するベース 53 とを備えている。基板ステージ P S T はリニアモータ等の基板ステージ駆動装置 P S T D により駆動される。基板ステージ駆動装置 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。Z ステージ 51 を駆動することにより、Z ステージ 51 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）、及び  $\theta X$ 、 $\theta Y$  方向における位置が制御される。また、X Y ステージ 52 を駆動することにより、基板 P の X Y 方向における位置（投影光学系 P L の像面と実質的に平行な方向の位置）が制御される。すなわち、Z ステージ 51 は、基板 P のフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板 P の表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込み、X Y ステージ 52 は基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。なお、Z ステージと X Y ステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

基板ステージ P S T（Z ステージ 51）上には、基板ステージ P S T とともに投影光学系 P L に対して移動する移動鏡 54 が設けられている。また、移動鏡 54 に対向する位置にはレーザ干渉計 55 が設けられている。基板ステージ P S T 上の基板 P の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 55 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 55 の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置 P S T D を駆動することで基板ステージ P S T に支持されている基板 P の位置決めを行う。

本実施形態では、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに、焦点深度を実質的に広くするために、液浸法を適用する。そのため、少なくともマスクMのパターンの像を基板P上に転写している間は、基板Pの表面と投影光学系PLの基板P側の光学素子（レンズ）60の先端面（下面）7との間に所定の液体50が満たされる。上述したように、投影光学系PLの先端側にはレンズ60が露出しており、液体50はレンズ60のみに接触するように供給されている。これにより、金属からなる鏡筒PKの腐蝕等が防止されている。また、レンズ60の先端面7は投影光学系PLの鏡筒PK及び基板Pより十分小さく、且つ上述したように液体50はレンズ60のみに接触するように構成されているため、液体50は投影光学系PLの像面側に局所的に満たされている構成となっている。すなわち、投影光学系PLと基板Pとの間の液浸部分は基板Pより十分に小さい。本実施形態において、液体50には純水が用いられる。純水は、ArFエキシマレーザ光のみならず、露光光ELを例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）とした場合でも、これらの露光光ELを透過可能である。

露光装置EXは、投影光学系PLの先端面（レンズ60の先端面）7と基板Pとの間の空間56に所定の液体50を供給する液体供給装置1と、空間56の液体50、すなわち基板P上の液体50を回収する第2回収装置としての液体回収装置2とを備えている。液体供給装置1は、投影光学系PLの像面側を局所的に液体50で満たすためのものであって、液体50を収容するタンク、加圧ポンプ、及び空間56に供給する液体50の温度を調整する温度調整装置などを備えている。液体供給装置1には供給管3の一端部が接続され、供給管3の他端部には供給ノズル4が接続されている。液体供給装置1は供給管3及び供給ノズル4を介して空間56に液体50を供給する。

液体回収装置2は、吸引ポンプ、回収した液体50を収容するタンクなどを備えている。液体回収装置2には回収管6の一端部が接続され、回収管6の他端部

には回収ノズル 5 が接続されている。液体回収装置 2 は回収ノズル 5 及び回収管 6 を介して空間 5 6 の液体 5 0 を回収する。空間 5 6 に液体 5 0 を満たす際、制御装置 CONT は液体供給装置 1 を駆動し、供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して空間 5 6 に対して単位時間当たり所定量の液体 5 0 を供給するとともに、液体回収装置 2 を駆動し、回収ノズル 5 及び回収管 6 を介して単位時間当たり所定量の液体 5 0 を空間 5 6 より回収する。これにより投影光学系 PL の先端面 7 と基板 P との間の空間 5 6 に液体 5 0 が保持され、液浸部分が形成される。ここで、制御装置 CONT は、液体供給装置 1 を制御することで空間 5 6 に対する単位時間当たりの液体供給量を任意に設定可能であるとともに、液体回収装置 2 を制御することで基板 P 上からの単位時間当たりの液体回収量を任意に設定可能である。

図 2 は、露光装置 EX の投影光学系 PL の下部、液体供給装置 1、及び液体回収装置 2 等を示す図 1 の部分拡大図である。図 2 において、投影光学系 PL の最下端のレンズ 6 0 は、先端部 6 0 A が走査方向に必要な部分だけを残して Y 軸方向（非走査方向）に細長い矩形状に形成されている。走査露光時には、先端部 6 0 A の直下の矩形の投影領域にマスク M の一部のパターン像が投影され、投影光学系 PL に対して、マスク M が -X 方向（又は +X 方向）に速度 V で移動するのに同期して、XY ステージ 5 2 を介して基板 P が +X 方向（又は -X 方向）に速度  $\beta \cdot V$ （ $\beta$  は投影倍率）で移動する。そして、1 つのショット領域への露光終了後に、基板 P のステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板 P の移動方向に沿って基板 P の移動方向と同一方向に液体 5 0 を流すように設定されている。

図 3 は、投影光学系 PL のレンズ 6 0 の先端部 6 0 A と、液体 5 0 を X 軸方向に供給する供給ノズル 4（4 A～4 C）と、液体 5 0 を回収する回収ノズル 5（5 A、5 B）との位置関係を示す図である。図 3 において、レンズ 6 0 の先端部 6 0 A の形状は Y 軸方向に細長い矩形状となっており、投影光学系 PL のレンズ 6 0 の先端部 6 0 A を X 軸方向に挟むように、+X 方向側に 3 つの供給ノズル

4 A～4 Cが配置され、－X方向側に2つの回収ノズル5 A、5 Bが配置されている。そして、供給ノズル4 A～4 Cは供給管3を介して液体供給装置1に接続され、回収ノズル5 A、5 Bは回収管4を介して液体回収装置2に接続されている。また、供給ノズル4 A～4 Cと回収ノズル5 A、5 Bとを先端部6 0 Aの中心に対して略1 8 0°回転した位置に、供給ノズル8 A～8 Cと、回収ノズル9 A、9 Bとが配置されている。供給ノズル4 A～4 Cと回収ノズル9 A、9 BとはY軸方向に交互に配列され、供給ノズル8 A～8 Cと回収ノズル5 A、5 BとはY軸方向に交互に配列され、供給ノズル8 A～8 Cは供給管1 0を介して液体供給装置1に接続され、回収ノズル9 A、9 Bは回収管1 1を介して液体回収装置2に接続されている。

図4に示すように、先端部6 0 Aを挟んでY軸方向両側のそれぞれに供給ノズル1 3、1 4及び回収ノズル1 5、1 6を設けることもできる。この供給ノズル及び回収ノズルにより、ステップ移動する際の基板Pの非走査方向（Y軸方向）への移動時においても、投影光学系P Lと基板Pとの間に液体5 0を安定して供給することができる。

なお、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば先端部6 0 Aの長辺について2対のノズルで液体5 0の供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、＋X方向、又は－X方向のどちらの方向からも液体5 0の供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

次に、基板Pの外側に流出した液体を回収する回収装置2 0の一実施形態について図5及び図6を参照しながら説明する。図5はZステージ5 1（基板ステージP S T）の斜視図であり、図6は要部拡大断面図である。

図5及び図6において、回収装置2 0は、Zステージ5 1上においてホルダ部5 7に保持された基板Pの周囲に配置されている液体吸収部材2 1を備えてい



る。液体吸収部材 2 1 は所定幅を有する環状部材であって、Z ステージ 5 1 上に環状に形成された溝部 2 3 に配置されている。また、Z ステージ 5 1 内部には、溝部 2 3 と連続する流路 2 2 が形成されており、溝部 2 3 に配置されている液体吸収部材 2 1 の底部は流路 2 2 に接続されている。液体吸収部材 2 1 は、例えば多孔質セラミックス等の多孔性材料により構成されている。あるいは液体吸収部材 2 1 の形成材料として多孔性材料であるスポンジを用いても良い。多孔性材料からなる液体吸収部材 2 1 は液体を所定量保持可能である。

Z ステージ 5 1 上において、液体吸収部材 2 1 とホルダ部 5 7 に保持されている基板 P との間には、この基板 P の外周を所定幅で取り囲む環状の補助プレート部 5 9 が設けられている。補助プレート部 5 9 の表面の高さは Z ステージ 5 1 のホルダ部 5 7 に保持されている基板 P の表面の高さとほぼ一致するように設定されている。この補助プレート部 5 9 により、基板 P の周辺領域（エッジ領域）E が投影光学系 P L のレンズ 6 0 の下に位置するような場合でも、投影光学系 P L のレンズ 6 0 と基板 P との間に液体 5 0 を保持し続けることができるようになっている。そして、この補助プレート部 5 9 の外周を所定幅で取り囲むように配置されている液体吸収部材 2 1 は、第 2 回収装置としての液体回収装置 2 で回収しきれず、補助プレート部 5 9 の外側へ流出した液体 5 0 を吸収（回収）する役割を果たしている。

ホルダ部 5 7 は、Z ステージ 5 1 上で基板 P とほぼ同じ大きさに形成された円形凹部に、基板 P の裏面を支持するための複数の突出部 5 8 を設けたものである。これら突出部 5 8 のそれぞれには、基板 P を吸着保持するための吸着孔 2 4 が設けられている。そして、吸着孔 2 4 のそれぞれは、Z ステージ 5 1 内部に形成された流路 2 5 に接続している。また、ホルダ部 5 7（円形凹部）の最外周付近には複数の液体回収孔 4 6 が設けられている。これら液体回収孔 4 6 は、液体吸収部材 2 1 に接続している流路 2 2 に接続している。なお、液体吸収部材 2 1（溝部 2 3）に接続している流路 2 2 とは別の流路を設けて、液体回収孔 4 6 に接続するようにしてもよい。



液体吸収部材 2 1 及び液体回収孔 4 6 のそれぞれに接続されている流路 2 2 は、Z ステージ 5 1 外部に設けられている管路 2 6 の一端部に接続されている。一方、管路 2 6 の他端部は、Z ステージ 5 1 外部に設けられた第 1 タンク 2 7 及びバルブ 2 8 を介して吸引装置であるポンプ 2 9 に接続されている。吸着孔 2 4 に接続されている流路 2 5 は、Z ステージ 5 1 外部に設けられている管路 3 0 の一端部に接続されている。一方、管路 3 0 の他端部は、Z ステージ 5 1 外部に設けられた第 2 タンク 3 1 及びバルブ 3 2 を介して吸引装置であるポンプ 3 3 に接続されている。液体吸収部材 2 1 及び液体回収孔 4 6 からは基板 P の外側に流出した液体が周囲の気体（空気）とともに一緒に回収される。また、基板 P の裏面側に流入した液体が、周囲の気体（空気）とともに吸着孔 2 4 から回収される。これらの液体回収方法についての詳細は、後述する。液体吸収部材 2 1 及び液体回収孔 4 6 並びに吸着孔 2 4 から回収された液体（水）は気体（空気）と分離され、第 1 タンク 2 7 と第 2 タンク 3 1 の各々に一時的に蓄積される。この気液分離により真空源としての真空ポンプ 2 9、3 3 への液体の流入が防止され、真空ポンプ 2 9、3 3 の破損を防止することができる。第 1、第 2 タンク 2 7、3 1 のそれぞれには排出流路 2 7 A、3 1 A が設けられており、水位センサなどを使って、液体が所定量溜まったら排出流路 2 7 A、3 1 A より排出されるようになっている。

なお、液体吸収部材 2 1（溝部 2 3）に接続している流路 2 2（タンク 2 7、バルブ 2 8、真空ポンプ 2 9）とは別の流路を設けて、液体回収孔 4 6 に接続するようにしてもよい。また、図 5 において、Z ステージ 5 1 の＋X 側端部には Y 軸方向に延在する移動鏡 5 4 X が設けられ、Y 側端部には X 軸方向に延在する移動鏡 5 4 Y が設けられている。レーザ干渉計はこれら移動鏡 5 4 X、5 4 Y にレーザ光を照射して基板ステージ P S T の X 軸方向及び Y 軸方向における位置を検出する。

次に、上述した露光装置 E X を用いてマスク M のパターンを基板 P に露光する

手順について説明する。

マスクMがマスクステージMSTにロードされるとともに、基板Pが基板ステージPSTにロードされたら、制御装置CONTは液体供給装置1及び液体回収装置2を駆動し、空間56に液体50の液浸部分を形成する（図1参照）。そして、制御装置CONTは、照明光学系ILによりマスクMを露光光ELで照明し、マスクMのパターンの像を投影光学系PL及び液体50を介して基板Pに投影する。ここで、基板Pの中央付近のショット領域を露光している間は、液体供給装置1から供給された液体50は液体回収装置2により回収されることで、基板Pの外側に流出しない。

一方、図6に示すように、基板Pのエッジ領域Eを露光処理することによって投影光学系PLと基板Pとの間の液浸部分が基板Pのエッジ領域E付近にあるとき、補助プレート部59により投影光学系PLと基板Pとの間に液体50を保持し続けることができるが、流体50の一部が補助プレート部59の外側に流出する場合があります、流出した流体50は液体吸収部材21に吸収（回収）される。ここで、制御装置CONTは、上記液体供給装置1及び液体回収装置2の駆動開始とともに、バルブ28の開放及びポンプ29の駆動を開始する。したがって、液体吸収部材21で回収された液体50は、吸引装置としてのポンプ29の吸引により、周囲の空気とともに流路22及び管路26を介して第1タンク27に吸い込まれるようにして集められる。

また、基板Pと補助プレート部59との隙間から流出した液体50は、基板Pの裏面側に設けられた液体回収孔46を介して周囲の空気とともに流路22側に吸い込まれ、管路26を介して第1タンク27に回収される。

更に、基板Pと補助プレート部59との隙間を介して基板Pの裏面側に入り込んだ液体50が基板Pを吸着保持するための吸着孔24に流入する可能性もある。吸着孔24は、前述したように、流路25、管路30及び第2タンク31を

介して吸引装置としてのポンプ 33 に接続されているので、バルブ 32 の開放及びポンプ 33 の駆動を行うことにより、基板 P を Z ステージ 51 上に吸着保持するとともに、吸着孔 24 に流入した液体 50 を流路 25 及び管路 30 を介して第 2 タンク 31 に集めることができる。すなわち、吸着孔 24 に流入した液体 50 を回収する第 3 回収装置は、流路 25、管路 30、第 2 タンク 31、バルブ 32、ポンプ 33、及びこれらの駆動制御をする制御装置 CONT を備えている。また、このときの吸着孔 24 は基板 P の裏面側に設けられた液体回収孔（回収装置）としても機能している。

また、吸着孔 24 からは、液体回収孔 46 と同様に、基板 P の裏面に回り込んだ液体と基板 P 裏面の気体（空気）とが流入することになるが、第 2 タンク 31 に落下させることによって、液体（水）と気体（空気）とを分離する。第 2 タンク 31 に溜まった液体を定期的に回収することで、真空源としての真空ポンプ 33 への液体の流入が防止される。こうして、真空ポンプ 33 の破損を防止するようにしている。

ところで、基板 P のエッジ領域 E を露光処理するとき、すなわち投影光学系 PL と基板 P との間の液浸部分が基板 P の周縁付近にあるとき、上述したように、液体 50 の一部は基板 P の外側に流出する可能性がある。本実施形態では、液体 50 が基板 P の外側に流出しても、投影光学系 PL と基板 P との間を十分に液体 50 で満たすことができるように、制御装置 CONT は、液浸部分が基板 P のエッジ領域 E にあるときに、液体供給装置 1 を制御して空間 56 への単位時間当たりの液体供給量を増加させることと、液体回収装置（第 2 回収装置）2 を制御して空間 56 からの単位時間当たりの液体回収量を低減させることとの少なくとも一方を行う。ここで、上記液体供給量の増加及び液体回収量の低減の制御において、制御装置 CONT は、レーザ干渉計の基板 P 位置検出結果に基づいて、液体供給装置 1 及び／または液体回収装置 2 の制御を行ってもよく、あるいは、第 1、第 2 タンク 27、32、あるいは管路 26、30 等に、回収（流出）した液体量を検出する検出装置を設け、この検出装置の検出結果に基づいて、液体供給

装置 1 及び／または液体回収装置 2 の制御を行ってもよい。

なお、本実施形態の露光装置 E X は所謂スキャニングステッパである。したがって、矢印 X a (図 3 参照) で示す走査方向 (−X 方向) に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 3、供給ノズル 4 A～4 C、回収管 4、及び回収ノズル 5 A、5 B を用いて、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により液体 5 0 の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が −X 方向に移動する際には、供給管 3 及び供給ノズル 4 (4 A～4 C) を介して液体供給装置 1 から液体 5 0 が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 5 (5 A、5 B)、及び回収管 6 を介して液体 5 0 が液体回収装置 2 に回収され、レンズ 6 0 と基板 P との間を満たすように −X 方向に液体 5 0 が流れる。一方、矢印 X b で示す走査方向 (+X 方向) に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 1 0、供給ノズル 8 A～8 C、回収管 1 1、及び回収ノズル 9 A、9 B を用いて、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により液体 5 0 の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が +X 方向に移動する際には、供給管 1 0 及び供給ノズル 8 (8 A～8 C) を介して液体供給装置 1 から液体 5 0 が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 9 (9 A、9 B)、及び回収管 1 1 を介して液体 5 0 が液体回収装置 2 に回収され、レンズ 6 0 と基板 P との間を満たすように +X 方向に液体 5 0 が流れる。このように、制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を用いて、基板 P の移動方向に沿って液体 5 0 を流す。この場合、例えば液体供給装置 1 から供給ノズル 4 を介して供給される液体 5 0 は基板 P の −X 方向への移動に伴って空間 5 6 に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装置 1 の供給エネルギーが小さくても液体 5 0 を空間 5 6 に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体 5 0 を流す方向を切り替えることにより、+X 方向、又は −X 方向のどちらの方向に基板 P を走査する場合にも、レンズ 6 0 の先端面 7 と基板 P との間を液体 5 0 で満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

以上説明したように、基板 P の外側に液体 5 0 が流出しても、この流出した液

液体50は放置されずに回収装置20で回収される。したがって、基板Pのおかれている環境の変動が抑制されるとともに、基板Pを支持する基板ステージPST周辺の機械部品に錆びなどが発生するといった不都合の発生も抑えられるので、基板Pに対して精度良くパターン転写でき、高いパターン精度を有するデバイスを製造することができる。

また、回収装置20として基板ステージPST上に液体吸収部材21を設けたことにより、液体50を広い範囲で確実に保持（回収）することができる。また、液体吸収部材21に流路を介して吸引装置としてのポンプ29を接続したことにより、液体吸収部材21に吸収された液体50は常時基板ステージPST外部に排出される。したがって、基板Pのおかれている環境の変動をより一層確実に抑制できるとともに、基板ステージPSTの液体50による重量変動を抑えることができる。また、基板の露光中はポンプ29を停止させて、基板Pの外側に流出した液体50は液体吸収部材21等に保持しておき、基板の露光完了後に、ポンプ29を動作させて、液体を排出するようにしてもよい。一方、ポンプ29を設けずに、液体吸収部材21で回収した液体50を自重によりタンク27側に垂れ流す構成であってもよい。更に、ポンプ29、タンク27、及び流路を設けずに、基板ステージPST上に液体吸収部材21のみを配置しておき、液体50を吸収した液体吸収部材21を定期的に（例えば1ロット毎に）交換する構成としてもよい。この場合、基板ステージPSTは液体50により重量変動するが、液体吸収部材21で回収した液体50の重量に応じてステージ制御パラメータを変更することで、ステージ位置決め精度を維持できる。

また、真空ポンプ29、33の手前に液体（水）と気体（空気）とを分離するためのタンク27、31を設けて、液体が真空ポンプ29、33に浸入するのを防止しているので、真空ポンプ29、33の故障や破損を防止できる。

なお、上述の実施形態における真空ポンプ29、33は、露光装置EX内に配置してもよいし、露光装置EXが設置される工場に設置されているものでもよ



い。また、上述の実施形態においては、液体（水）と気体（空気）とを分離するためのタンクを基板 P の外側に流出した液体を回収する回収装置 20 の真空系（真空ポンプの手前）、及び基板 P を吸着保持するための真空系に設けたが、液体（水）と気体（空気）とを分離するための機構（液体回収用のタンクなど）の設置はこれに限らず、液体が浸入してしまうおそれのある他の吸気口に接続された吸気系（真空系）に設けてもよい。例えば、気体軸受の気体回収系（吸気系）、基板搬送アームに基板 P を吸着保持するための吸気系、あるいは、基板保持部材を基板ステージに脱着可能に吸着保持するための吸気系に配置するようにしてもよい。気体軸受の気体回収系（吸気系）については、例えば特開平 11-166990 号公報に、基板搬送アームに基板 P を吸着保持するための吸気系については、例えば特開平 6-181157 号公報に、また基板保持部材を基板ステージに脱着可能に吸着保持するための吸気系については、例えば特開平 10-116760 号公報にそれぞれ開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、これらの文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。また、本実施形態においては、液体（水）と気体（空気）とを分離するタンクなどの機構を、基板 P 上の一部の領域に液浸領域を形成しながら基板 P の露光を行う露光装置に適用しているが、基板ステージを液槽の中で移動させる露光装置や、基板ステージ上に液体槽を形成してその中に基板を保持する露光装置に適用してもよい。基板ステージを液槽の中で移動させる露光装置の構造及び露光動作については、例えば特開平 6-124873 号公報に、基板ステージ上に液体槽を形成してその中に基板を保持する露光装置については、例えば特開平 10-303114 号公報（対応米国特許 5,825,043）に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、これらの文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

なお、上記実施形態において、液体吸収部材 21 は基板 P の周囲全体を取り囲むように連続する環状に形成されているが、基板 P の周囲の一部に配置されていてもよいし、不連続に所定間隔で配置されていてもよい。また、本実施形態にお



ける液体吸収部材 21 は環状に形成されているが、例えば矩形状等、その形状は任意に設定可能である。

また、液体供給装置 1 と液体回収装置 2 の構成やノズルの配置は、上記の実施形態に限られない。また、基板 P の露光中に、必ずしも液体供給装置 1 と液体回収装置 2 とが並行して動作している必要はなく、投影光学系 PL と基板 P との間の露光光路が液体 50 で満たされていれば、どちらか一方を停止させていてもよいし、両方を止めておいてもよい。

上述したように、本実施形態における液体 50 は純水を用いた。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板 P 上のフォトリソトや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 PL の先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

そして、波長が 193 nm 程度の露光光 EL に対する純水（水）の屈折率  $n$  はほぼ 1.47 ～ 1.44 程度と言われており、露光光 EL の光源として ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm）を用いた場合、基板 P 上では  $1/n$ 、すなわち約 131 ～ 134 nm 程度に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約  $n$  倍、すなわち約 1.47 ～ 1.44 倍程度に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系 PL の開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

本実施形態では、投影光学系 PL の先端にレンズ 60 が取り付けられているが、投影光学系 PL の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系 PL の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光 EL を透過可能な平行平板であってもよい。液体

50と接触する光学素子を、レンズより安価な平行平板とすることにより、露光装置EXの運搬、組立、調整時等において投影光学系PLの透過率、基板P上での露光光ELの照度、及び照度分布の均一性を低下させる物質（例えばシリコン系有機物等）がその平行平板に付着しても、液体50を供給する直前にその平行平板を交換するだけでよく、液体50と接触する光学素子をレンズとする場合に比べてその交換コストが低くなるという利点がある。すなわち、露光光ELの照射によりレジストから発生する飛散粒子、または液体50中の不純物の付着などに起因して液体50に接触する光学素子の表面が汚れるため、その光学素子を定期的に交換する必要があるが、この光学素子を安価な平行平板とすることにより、レンズに比べて交換部品のコストが低く、且つ交換に要する時間を短くすることができ、メンテナンスコスト（ランニングコスト）の上昇やスループットの低下を抑えることができる。

また液体50の流れによって生じる投影光学系の先端の光学素子と基板Pとの間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

なお、本実施形態の液体50は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光ELの光源がF<sub>2</sub>レーザである場合、このF<sub>2</sub>レーザ光は水を透過しないので、この場合、液体50としてはF<sub>2</sub>レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルやフッ化ポリエーテル（PFPE）などのフッ素系液体を用いればよい。また、液体50としては、その他にも、露光光ELに対する透過性がある程度だけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトリジストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。

## 第2実施形態

次に、本発明の露光装置EXの他の実施形態について、図7を参照しながら説明する。ここで、以下の説明において、上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。本実施形

態に係る特徴的な部分は、回収装置として液体吸収部材 2 1 に代えて基板 P の周囲に液体回収溝 3 5 を設けた点と、基板ステージ P S T と管路 2 6 とが接続・分離自在となっている点である。

図 7 において、回収装置 2 0 は、Z ステージ 5 1 上において補助プレート部 5 9 の周囲に所定幅に形成された液体回収溝 3 5 を備えている。また、流路 2 2 の端部には接続弁 3 6 が設けられている。一方、管路 2 6 の端部には接続弁 3 6 に対して接続・分離可能な接続弁 3 7 が設けられている。接続弁 3 6、3 7 が分離されている状態では、流路 2 2 の端部は閉塞され、流体 5 0 がステージ外部に流出しないようになっている。一方、接続弁 3 6、3 7 が接続されることにより、流路 2 2 の端部は開放され、流路 2 2 の液体 5 0 が管路 2 6 に流通可能となる。

露光処理中においては、接続弁 3 6 と接続弁 3 7 とは分離される。したがって、露光処理中において基板ステージ P S T は管路 2 6 と分離している状態なので、走査方向への移動（スキャン移動）、及び非走査方向への移動（ステップ移動）を円滑に行うことができる。露光処理中に基板 P の外側に流出した液体 5 0 は、液体回収溝 3 5 や流路 2 2 に溜まる。

露光処理が終了したら、基板ステージ P S T は基板 P の交換位置（ロード・アンロード位置）に移動する。この基板交換位置において、接続弁 3 6、3 7 が接続される。接続弁 3 6、3 7 が接続されたら、制御装置 C O N T は、バルブ 2 8 を開放するとともにポンプ 2 9 を駆動する。これにより、回収装置としての液体回収溝 3 5 に回収された液体 5 0 は、基板交換位置においてステージ外部に排出される。

なお、本実施形態において液体回収溝 3 5 に回収された液体 5 0 は定期的（例えば 1 ロット毎）にステージ外部に排出される構成であるため、液体回収溝 3 5 の大きさ（容積）は、例えば 1 ロット分で流出される量に相当する液体を保持可能な程度の大きさに設定されている。この場合、所定露光処理基板枚数（すなわ

ち 1 ロット分) と流出する液体量との関係を予め求めておき、この求めた関係に基づいて、液体回収溝 35 の大きさが設定される。あるいは、前記求めた関係に基づいて、接続弁 36、37 を接続する時間間隔 (すなわちステージ外部に液体排出動作を行うタイミング) が設定される。

なお、上記実施形態において、液体回収溝 35 は基板 P の周囲全体を取り囲むように連続する環状に形成されているが、基板 P の周囲の一部に配置されていてもよいし、不連続に所定間隔で配置されていてもよい。また、本実施形態における液体回収溝 35 は環状に形成されているが例えば矩形状などその形状は任意に設定可能である。また、液体回収溝 35 内に液体吸収部材を配置しておいてもよい。

また、上記各実施形態において、基板 P の外側に補助プレート部 59 が設けられているが、この補助プレート部 59 を設けることなく、基板 P の外周近傍に液体吸収部材 21 や液体回収溝 35 を設けるようにしてもよい。

また、上述の実施形態においては、投影光学系 PL と基板 P との間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、図 6 や図 7 に開示されているような基板 P を吸着保持するための吸着孔に流入した液体を回収する回収機構は、露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、ステージ上に所定深さの液体槽を形成しその中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。前述の通り、露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置の構造及び露光動作については、例えば特開平 6-124873 号に、ステージ上に所定深さの液体槽を形成しその中に基板を保持する液浸露光装置の構造及び露光動作については、例えば特開平 10-303114 号 (対応米国特許 5,825,043) にそれぞれ開示されている。

### 第 3 実施形態

以下、図 8 ～図 10 を参照しながら、回収装置の他の実施形態について説明す

る。

図8に示すように、Zステージ51の上面は傾斜しており、基板Pを保持するホルダ部57の上面は水平となっている。そして、ホルダ部57の周囲を取り囲むように、液体回収溝35が形成されている。このとき、液体回収溝35は平面視において環状であるが、側面視において傾斜している。すなわち、液体回収溝35はZステージ51の上面の傾斜に沿って形成されている。これにより、基板Pの外側に流出した液体50は、液体回収溝35の傾斜下部35Aに自然に溜まる。液体50を回収する際にはこの傾斜下部35Aに溜まった液体50を回収するだけでいいので、回収動作を容易に行うことができる。

図9(a)に示すように、Zステージ51の上面一部に液体回収溝35が設けられている。露光処理することで、液体回収溝35に液体50が溜まる。そして、図9(b)に示すように、この液体回収溝35に溜まった液体50は、基板Pを基板ステージPSTに対してロード・アンロードする搬送装置Hに取り付けられているチューブ38を介して回収される。吸引装置の一部を構成するチューブ37は、露光処理が終了した基板Pを基板ステージPSTからアンロードするために搬送装置Hが基板ステージPSTに対してアクセスするときに、液体回収溝35に溜まっている液体50を吸引する。

#### 第4実施形態

また、回収装置の更に別の実施形態について、以下に説明する。図10(a)に示すように、Zステージ51の上面に液体回収溝35が設けられている。液体回収溝35はZステージ51の下面側に貫通する流路39に接続している。流路39にはバルブ39Aが設けられている。また、Zステージ51の流路39に対応して、XYステージ52及びベース53のそれぞれには貫通孔である流路40、41が形成されている。露光処理中において、バルブ39Aは閉じられており、図10(a)に示すように、液体50が液体回収溝35に溜まる。そして、露光処理が終了したら、制御装置CONTは、基板ステージPSTを基板交換位



置に移動し、バルブ 39 A を開放する。これにより、図 10 (b) に示すように、液体回収溝 35 の液体 50 は基板交換位置において、流路 39、40、及び 41 を介して自重によりステージ外部に排出される。なお、液体回収溝 35 の液体 50 の回収は基板交換位置において行うのが好ましいが、基板交換位置とは別の位置で排出作業を行うようにしてもよい。

## 第 5 実施形態

ところで、上述した各実施形態においては、液体供給装置 1 が供給ノズル 4 を介して基板 P の上方から基板 P 上に液体 50 を供給するとともに、第 2 回収装置としての液体回収装置 2 が回収ノズル 5 を介して基板 P の上方から基板 P 上の液体 50 を回収することで、基板 P 上の一部に液浸領域を形成しているが、図 11 に示すように、基板 P の上方に液体回収装置 2 (回収ノズル 5) を設けずに、基板 P 上に供給されたほぼ全ての液体 50 を、基板ステージ P S T に設けられた回収装置 20 で回収するようにしてもよい。図 11 には、投影光学系 P L の投影領域 (光学素子 60) を挟んだ走査方向 (X 軸方向) 両側のそれぞれに設けられた供給ノズル 4、8 が図示されている。基板 P を走査露光するときに液体 50 を供給する際には、基板 P の移動方向に応じて供給ノズル 4、8 のうちのいずれか一方の供給ノズルから液体 50 を供給するようにしてよいし、あるいは両方の供給ノズル 4、8 から同時に液体 50 を供給するようにしてもよい。液体供給装置 1 より供給された液体 50 は、基板 P 上において大きく拡がり、大きな液浸領域を形成することができる。そして、図 12 の斜視図に示すように、基板 P 上に供給された液体 50 はやがて基板 P の外側に流出するが、基板 P の周りに回収口として設けられた溝部 23 (液体吸収部材 21) を有する回収装置 20 によりほぼ全てを回収される。ここで、基板 P に対する露光処理中、液体供給装置 1 は基板 P 上に対して液体 50 の供給を継続することにより基板 P 上に良好に液浸領域を形成できるとともに、供給した液体 50 により基板 P 上の液体 50 に流れを生じさせることができるため、新鮮 (清浄) な液体 50 を基板 P 上に常時供給するとともに基板 P 上の液体 50 を溝部 23 まで流すことができる。



上記第2液体回収装置としての液体回収装置2は、基板P上の液体50を回収ノズル5を介して基板Pの上方から真空系を使って吸引回収する構成であって、液体（水）と気体（空気）とを一緒に回収することで、その液体が回収管6内壁などにあたって音や振動を生じる場合がある。この場合、図11及び図12に示す実施形態のように、基板Pの上方からの液体50の吸引回収を行わずに基板ステージPSTに設けられた回収装置20のみを用いて液体50の回収を行うことにより、基板Pの露光中の音や振動の発生を防止することができる。

なお、基板Pの上方から液体の回収を行わない本実施形態の場合には、回収装置20として第2実施形態において図7に示した構成を用いてもよい。図7の場合には、真空ポンプ29が基板Pの露光中に液体回収溝35で回収された液体を吸引していないので、その液体の吸引に伴う音や振動の発生も抑えることができ、更に効果的である。

また、先に説明した実施形態のように、基板Pの上方から回収ノズル5を介して液体の回収を行う液体回収装置2を配置しておき、基板Pの露光中は液体回収装置2を動作させずに回収装置20のみで液体の回収を行い、基板Pの露光完了後に、液体回収装置2と回収装置20とを併用して液体50の回収を行うようにしてもよい。この場合も、基板Pの露光中の液体の吸引（回収）に伴う音や振動の影響を抑えることができる。

なお、上記各実施形態の基板Pとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

露光装置EXとしては、マスクMと基板Pとを同期移動してマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャンングステッパ）の他に、マスクMと基板Pとを静止した状態でマスクMのパター

ンを一括露光し、基板Pを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。また、本発明は基板P上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

また、本発明は、ツインステージ型の露光装置に適用することもできる。ツインステージ型の露光装置の構造及び露光動作については、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報、米国特許6,341,007号、6,400,441号、6,549,269号及び6,590,634号等の文献に開示されており、それらを参照することができる。それらの米国特許を、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、援用して本文の記載の一部とする。

基板ステージPSTやマスクステージMSTにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージPST、MSTは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。ステージにリニアモータを用いた例は、米国特許5,623,853及び5,528,118に開示されており、それぞれ本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、これらの文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

各ステージPST、MSTの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力によ

り各ステージP S T、M S Tを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージP S T、M S Tに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージP S T、M S Tの移動面側に設ければよい。

基板ステージP S Tの移動により発生する反力は、投影光学系P Lに伝わらないように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。この反力の処理方法は、例えば、米国特許5, 528, 118（特開平8-166475号公報）に詳細に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、この文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

マスクステージM S Tの移動により発生する反力は、投影光学系P Lに伝わらないように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。この反力の処理方法は、例えば、米国特許5, 874, 820（特開平8-330224号公報）に詳細に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、この文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

以上のように、本願実施形態の露光装置E Xは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電氣的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電氣的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了した

ら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図13に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。

#### 産業上の利用可能性

本発明によれば、液体が流出してもこの流出した液体は放置されずに回収装置で回収される。したがって、流出した液体に起因する不都合を防止することができ、高いパターン精度を有するデバイスを製造することができる。

## 請求の範囲

1. パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって、  
パターンの像を基板に投影する投影光学系と、  
前記基板の外側に流出した液体を回収する回収装置を備えることを特徴とする露光装置。
2. 前記基板を保持する基板ステージを備え、前記回収装置は、前記基板ステージに設けられている回収部を有することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。
3. 前記回収装置の回収部は、前記基板ステージに設けられた基板の保持部の周囲の少なくとも一部に配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。
4. 前記回収装置の回収部は、前記基板ステージに配置された液体吸収部材を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。
5. 前記液体吸収部材は、多孔質部材を含むことを特徴とする請求項 4 に記載の露光装置。
6. 前記回収装置の回収部は、前記基板ステージに配置された液体回収溝を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。
7. 前記回収装置の回収部は、前記基板ステージに設けられた回収孔を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。
8. 前記回収装置は、前記基板ステージに保持された前記基板の裏面側に回り

込んだ液体を回収することを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

9. 前記回収装置は、前記回収部で回収された液体を、前記基板ステージが基板交換位置に来たときに排出することを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

10. 前記回収装置の回収部で回収された液体を吸引するための吸引装置を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

11. 前記回収装置の回収部で回収された液体を集めるタンクを備えることを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

12. 前記投影光学系と前記基板との間に液体を供給する供給装置を備え、前記投影光学系と前記基板との間の液浸部分が前記基板の周縁付近にあるときに、前記供給装置は液体の供給量を増やすことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

13. 前記基板上の液体を回収する第 2 回収装置を備え、前記投影光学系と前記基板との間の液浸部分が前記基板の周縁付近にあるときに、前記第 2 回収装置は液体の回収量を減らすことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

14. 前記基板を保持する基板ステージは、前記基板を吸着保持するための吸着孔を有し、前記基板の外側に流出し前記吸着孔に流入した液体を回収する第 3 回収装置を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

15. 前記第 3 回収装置は、前記吸着孔から流入した気体と液体とを分離する分離器を備えることを特徴とする請求項 14 に記載の露光装置。

16. 前記回収装置は、回収した液体とその液体とともに回収された気体とを分離する分離器を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。



17. さらに、前記基板の上方から前記基板上の液体を回収する第2回収装置を備えたことを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

18. 前記基板の上方から前記基板上に液体を供給する液体供給装置を備え、前記基板上に供給されたほぼ全ての液体は、前記回収装置で回収されることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

19. パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって、

パターンの像を基板に投影する投影光学系と、  
前記基板の上方から液体を供給する液体供給機構と、  
前記液体供給機構から供給された液体を回収する回収装置とを備え、  
前記回収装置は、前記基板の上方から液体の回収をしない露光装置。

20. パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって、

パターンの像を基板に投影する投影光学系と、  
吸気口を有する吸気系と、  
該吸気口から吸引された液体を回収する回収装置とを備える露光装置。

21. 前記回収装置は、前記吸気口から吸引された液体と気体とを分離することを特徴とする請求項20に記載の露光装置。

22. 前記吸気口は、物体を所定位置に保持するために設けられている請求項20に記載の露光装置。

23. さらに、基板ステージを備え、前記物体が基板であり、前記吸気口が基板を吸着保持するために前記基板ステージに設けられている請求項22に記載の

露光装置。

24. パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって、

パターンの像を基板に投影する投影光学系と、

前記基板を保持する基板ステージと、

前記基板ステージに少なくとも一部が設けられ、液体の回収を行う回収装置とを備える露光装置。

25. 前記回収装置は、前記基板の裏面に回り込んだ液体の回収を行う請求項24に記載の露光装置。

26. 前記回収装置は、前記基板ステージの上面に回収部を有する請求項24に記載の露光装置。

27. 前記基板ステージは、前記基板の裏面を保持する保持部を有し、前記回収装置は、前記保持部にさらに別の回収部を有する請求項26に記載の露光装置。

28. 前記回収装置は、液体吸収部材を含む請求項24に記載の露光装置。

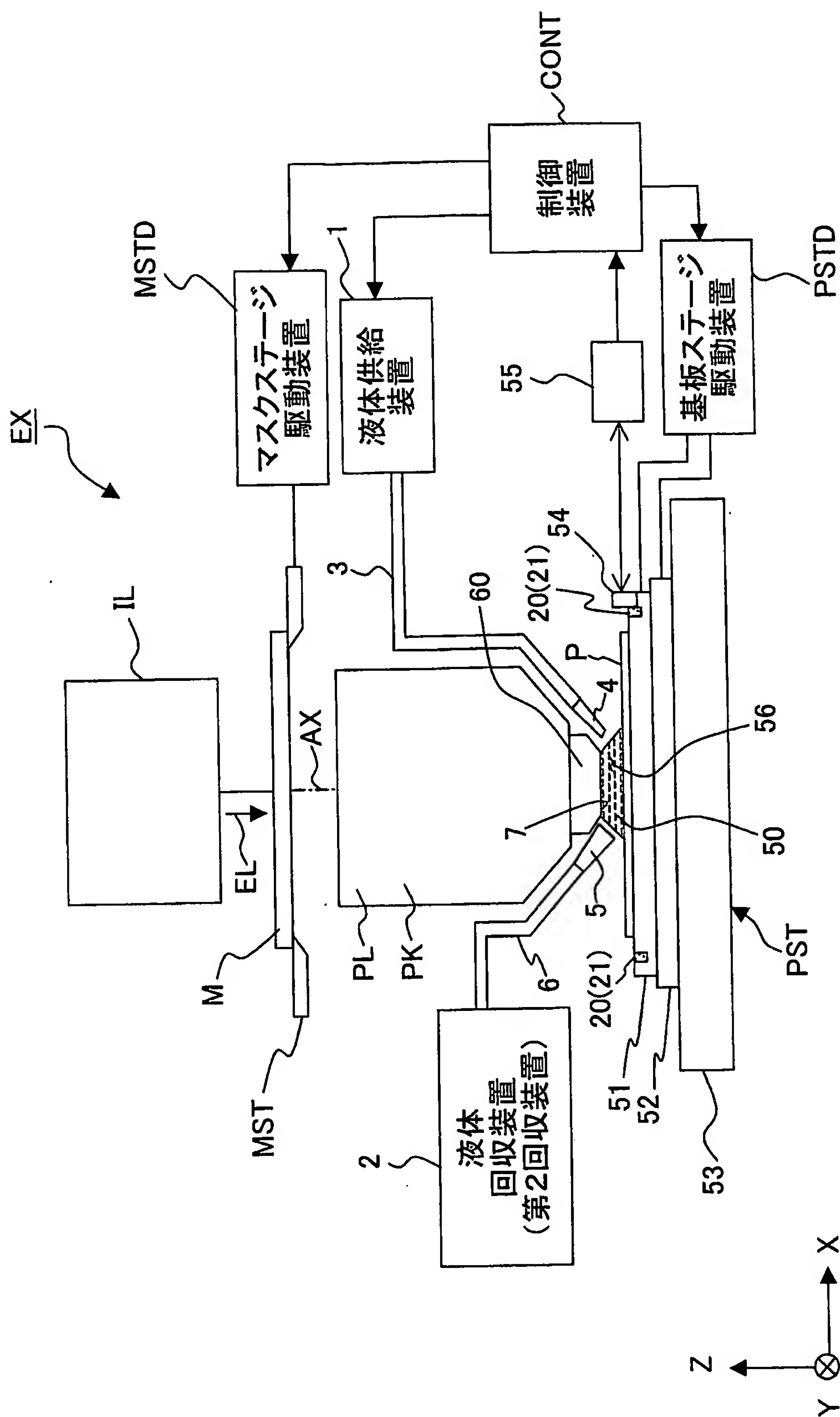
29. 前記回収装置は、前記基板ステージに設けられた溝部を有する請求項24に記載の露光装置。

30. 前記回収装置は、回収した液体を気体と分離する分離器を有する請求項24に記載の露光装置。

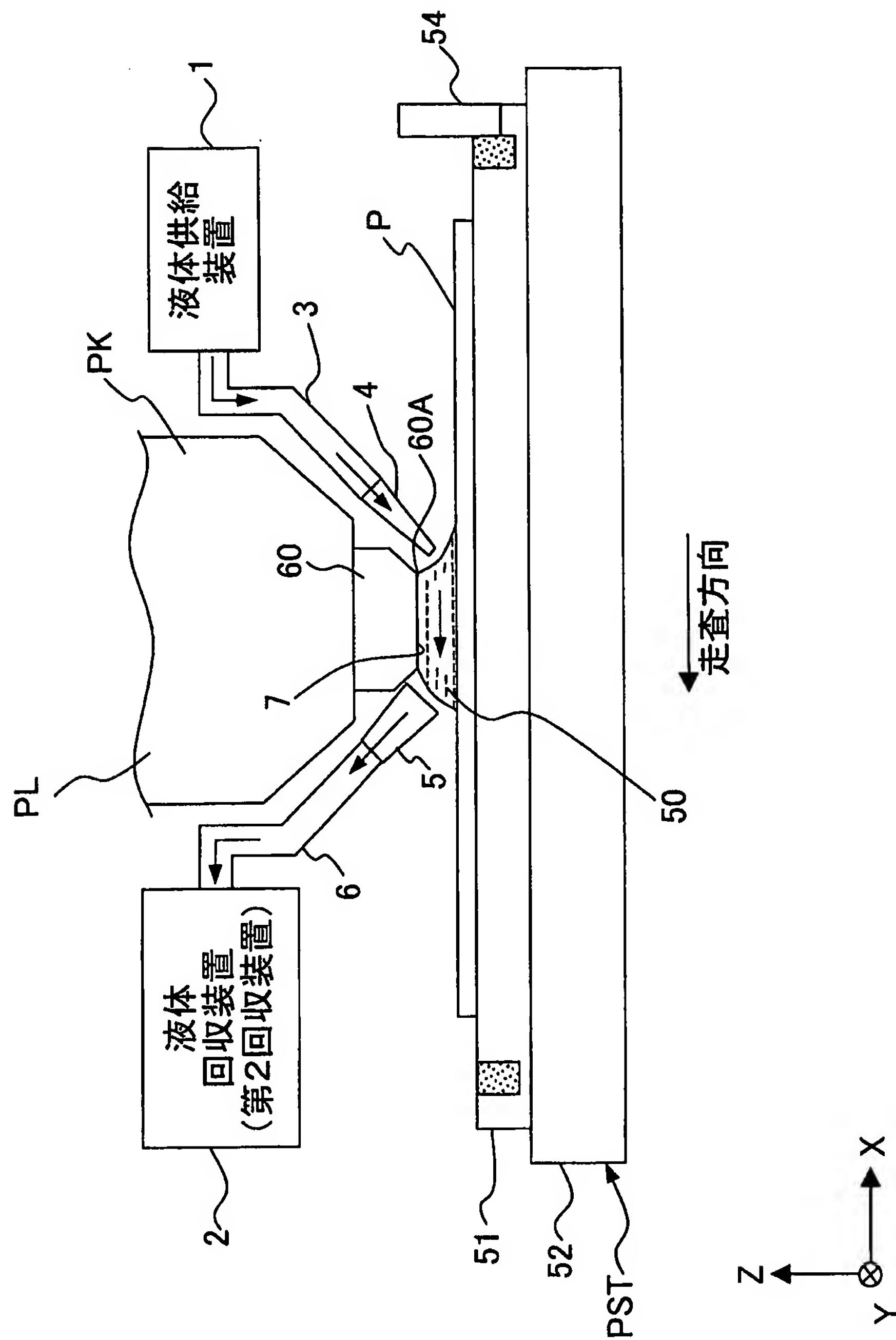
31. 前記回収装置で回収された液体は、前記基板ステージが所定位置に移動したときに排出される請求項24に記載の露光装置。

32. 前記所定位置は、基板交換位置を含む請求項31に記載の露光装置。
33. 前記基板ステージに設けられた干渉計ミラーをさらに備え、前記回収装置の液体回収部は、前記干渉計ミラーの近くに配置されている請求項24に記載の露光装置。
34. 請求項1、19、20及び24のいずれか一項に記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。
35. 投影光学系により所定パターンの像を基板上に転写することで基板を露光する露光方法であって、  
前記投影光学系と前記基板との間に液体を基板の上方から供給することと、  
前記供給された液体を、基板の外側で且つ基板より低い位置から回収することと、  
前記液体の供給及び回収が行われている間に前記基板を露光することを含む露光方法。
36. さらに、前記供給された液体を、基板の上方から回収することを含む請求項35に記載の露光方法。

Fig. 1

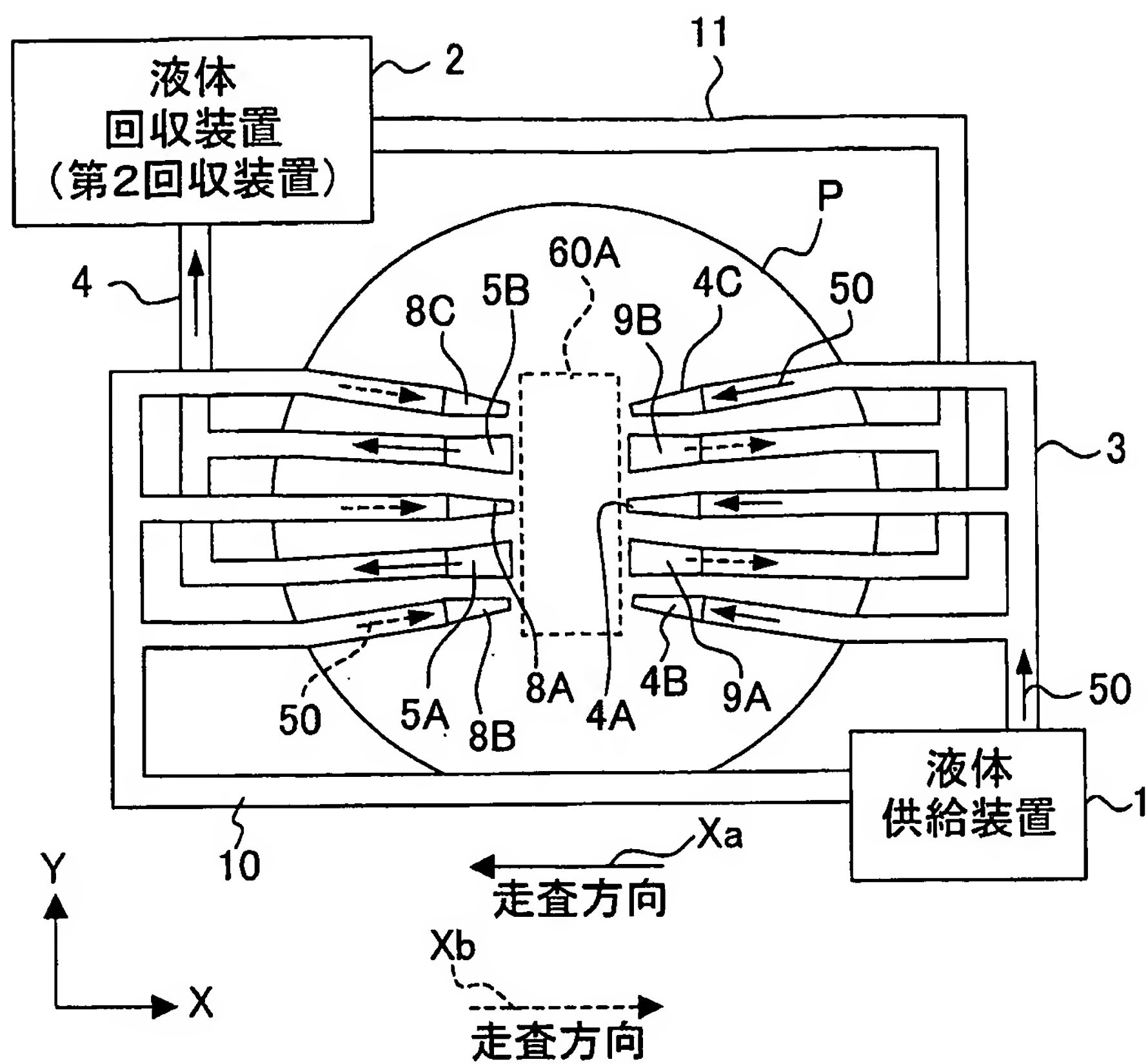


**Fig. 2**

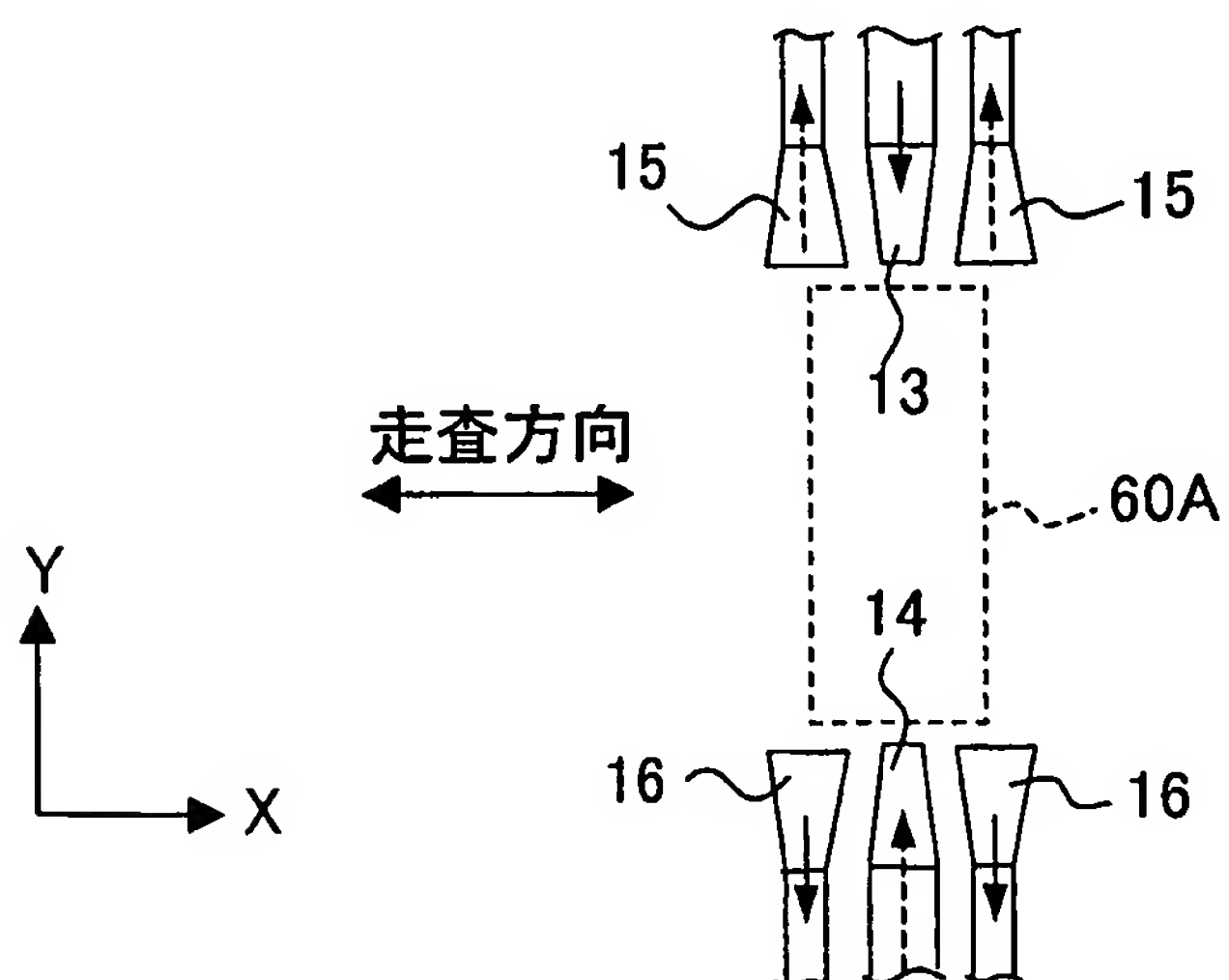




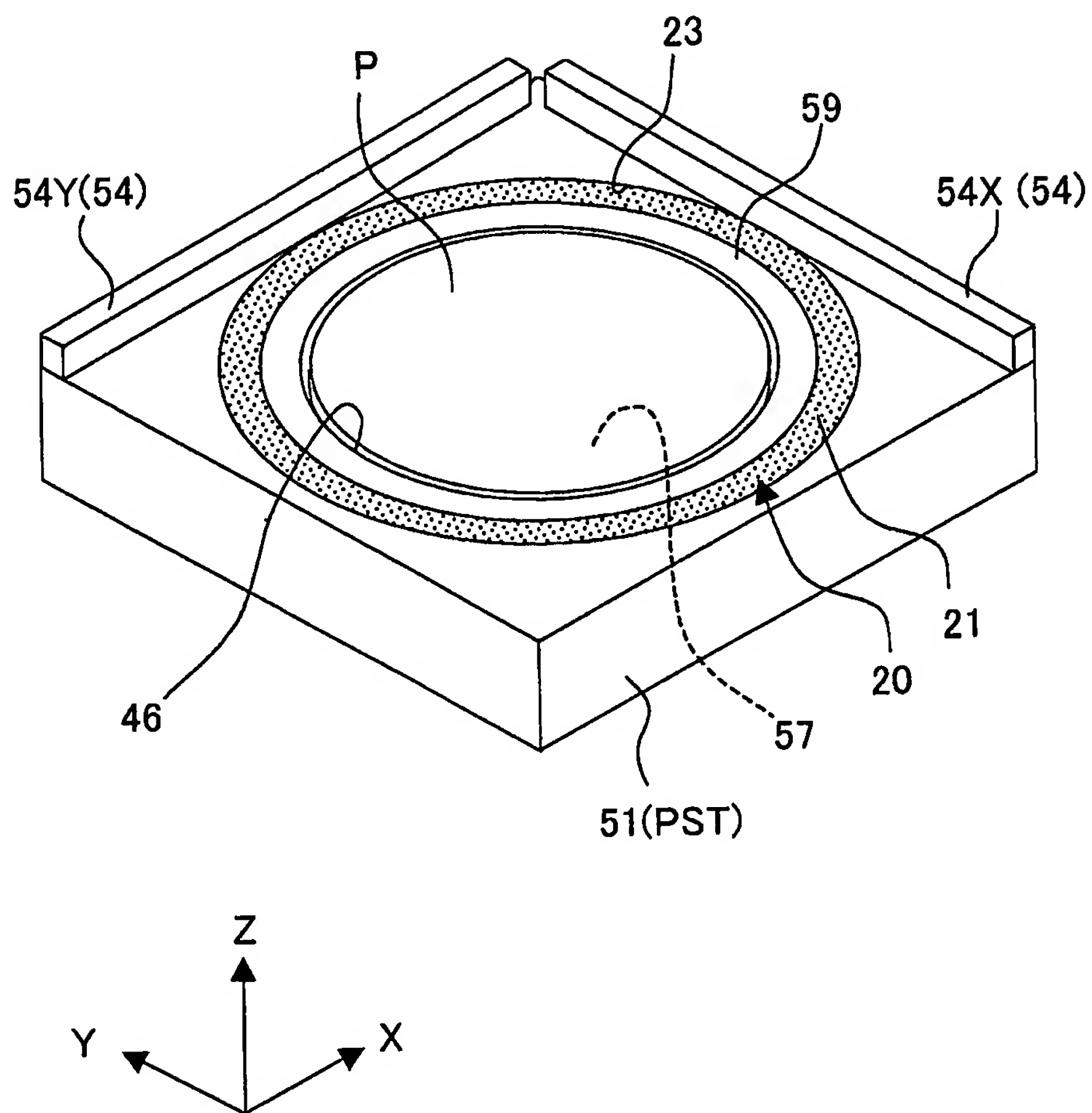
**Fig. 3**



**Fig. 4**



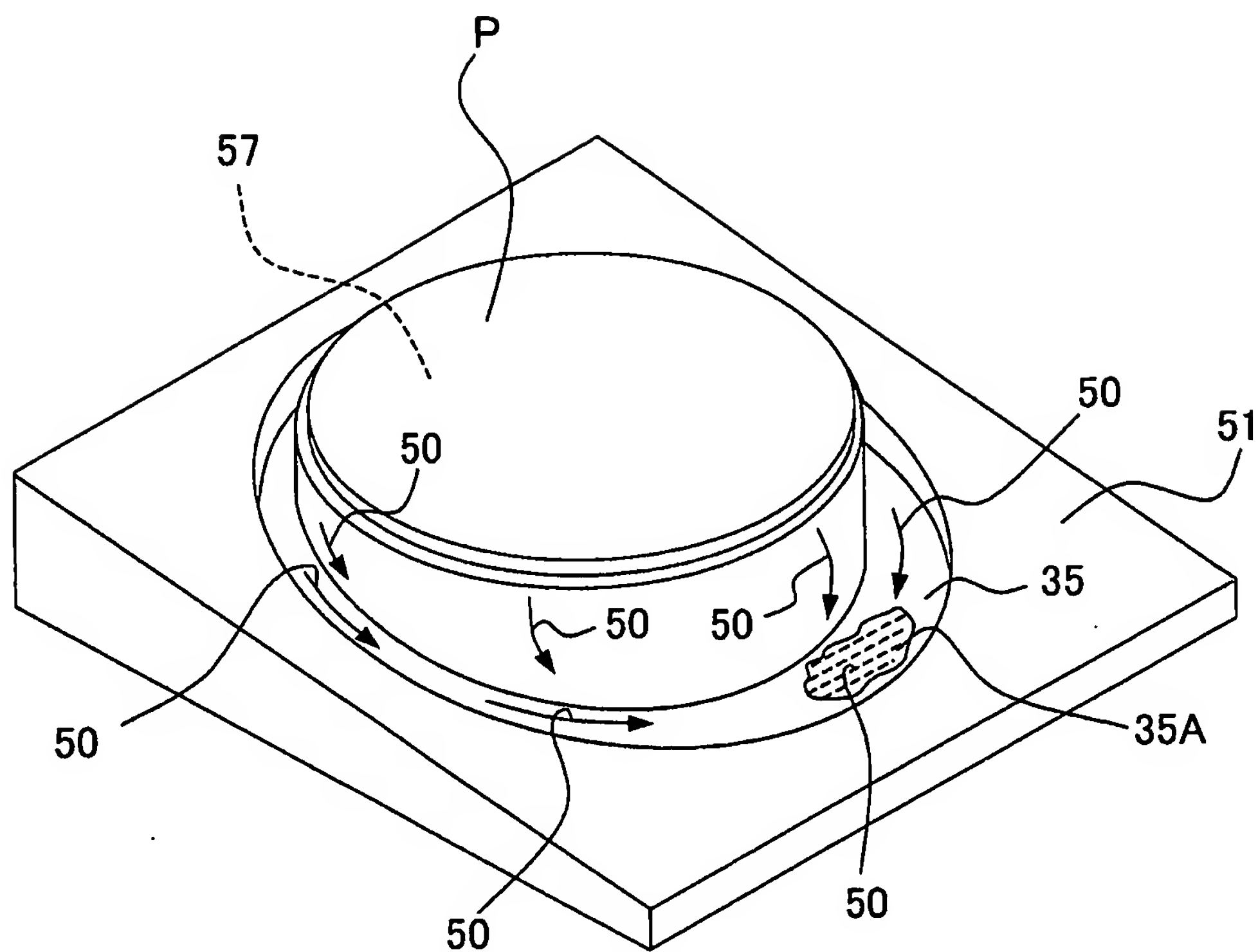
**Fig. 5**







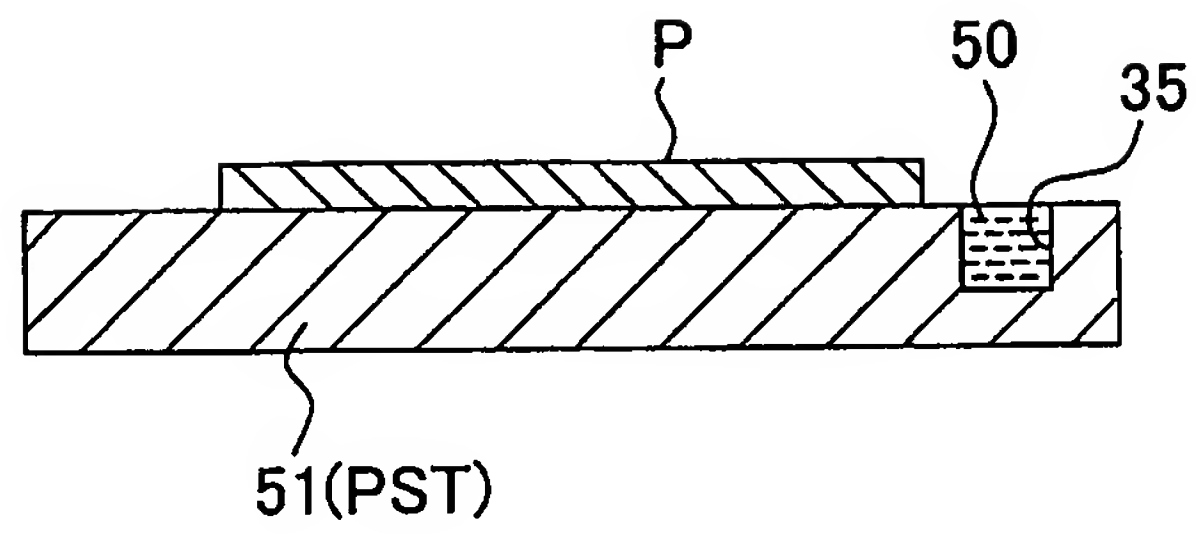
**Fig. 8**



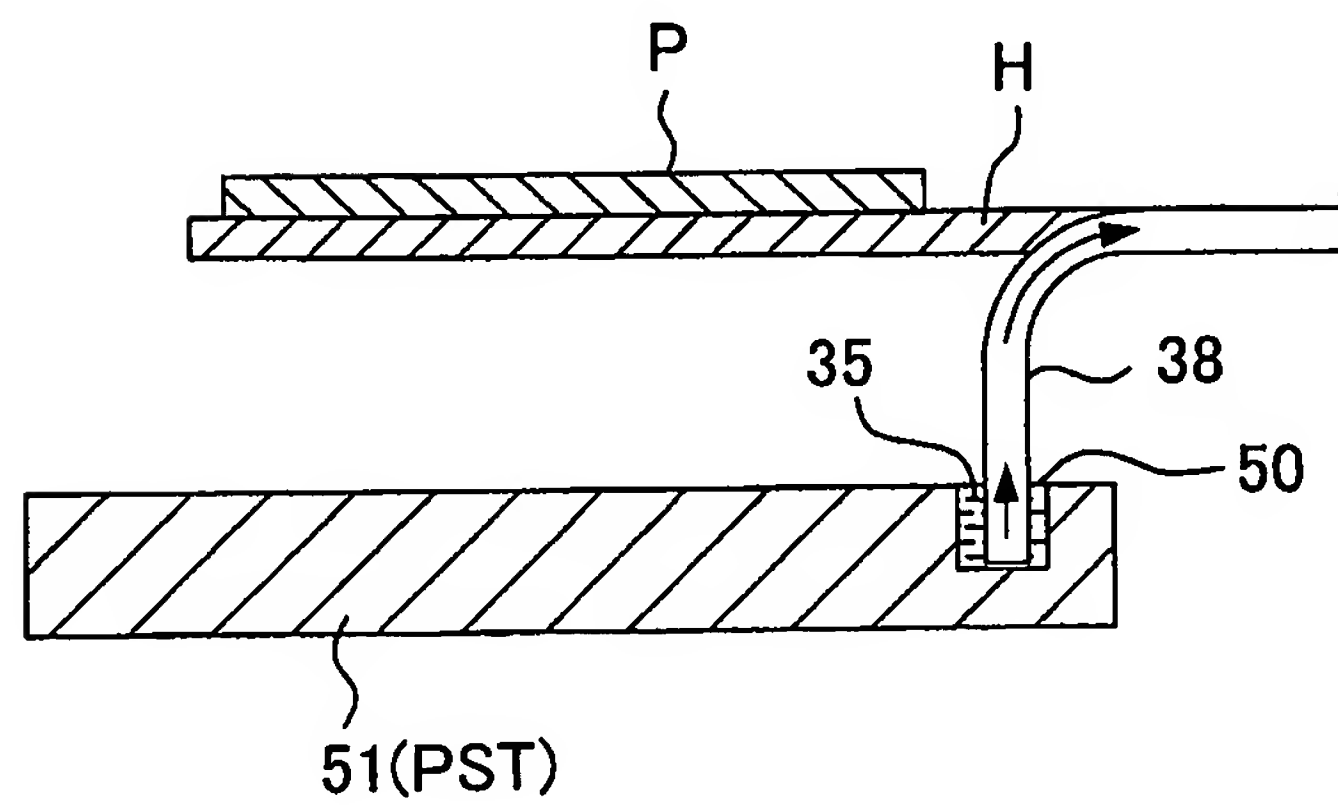


**Fig. 9**

(a)

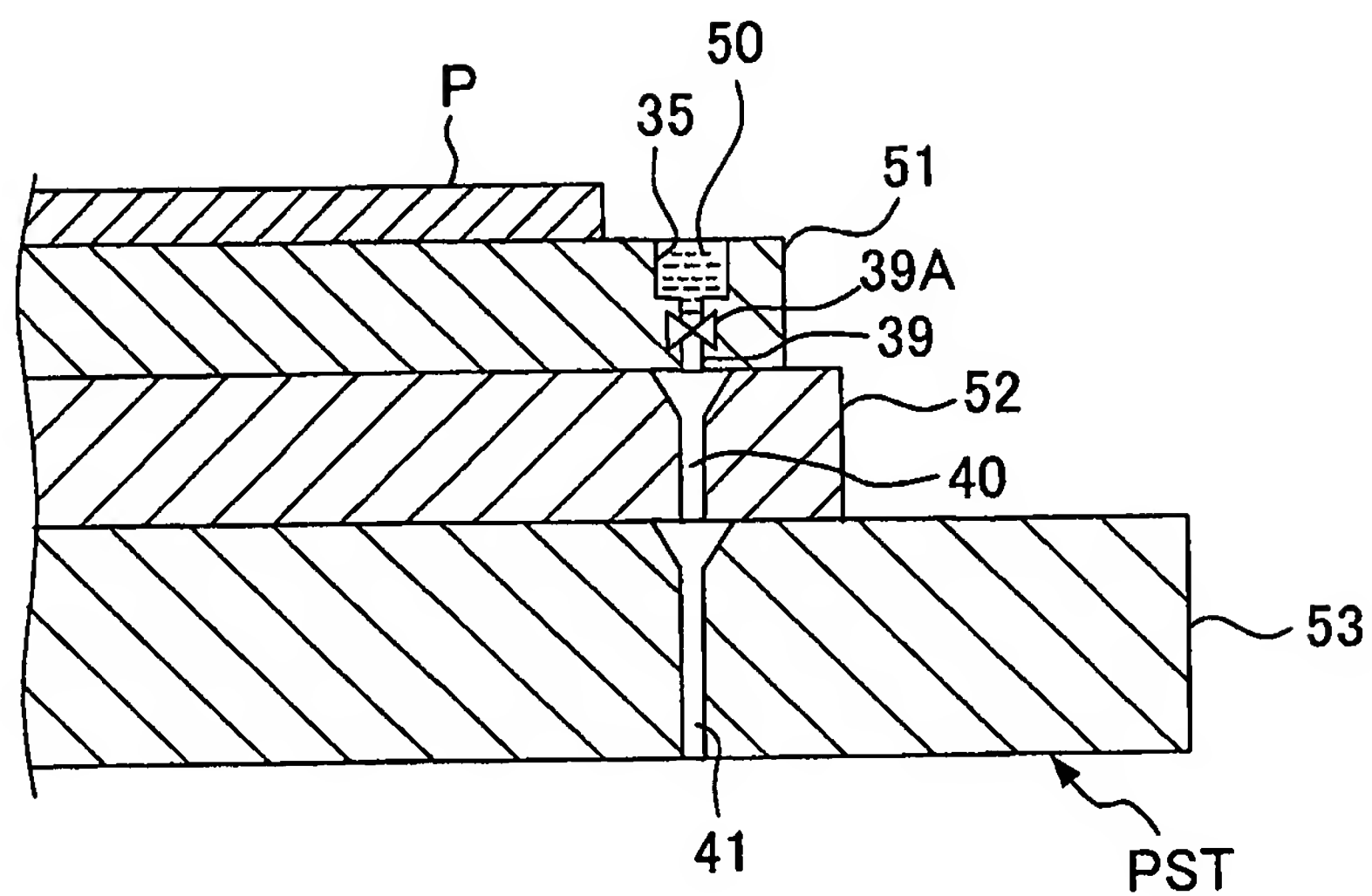


(b)

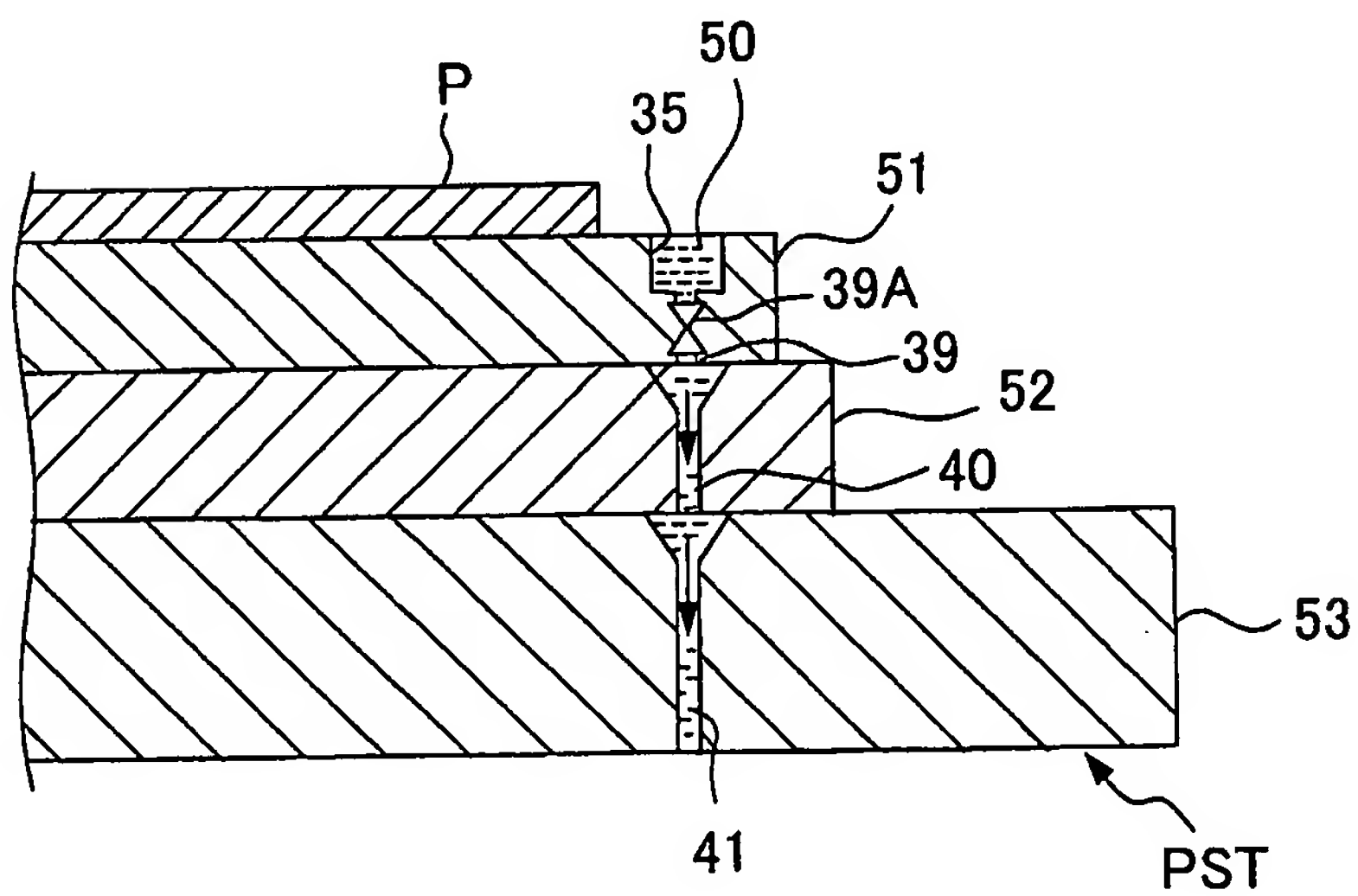


**Fig. 10**

(a)



(b)





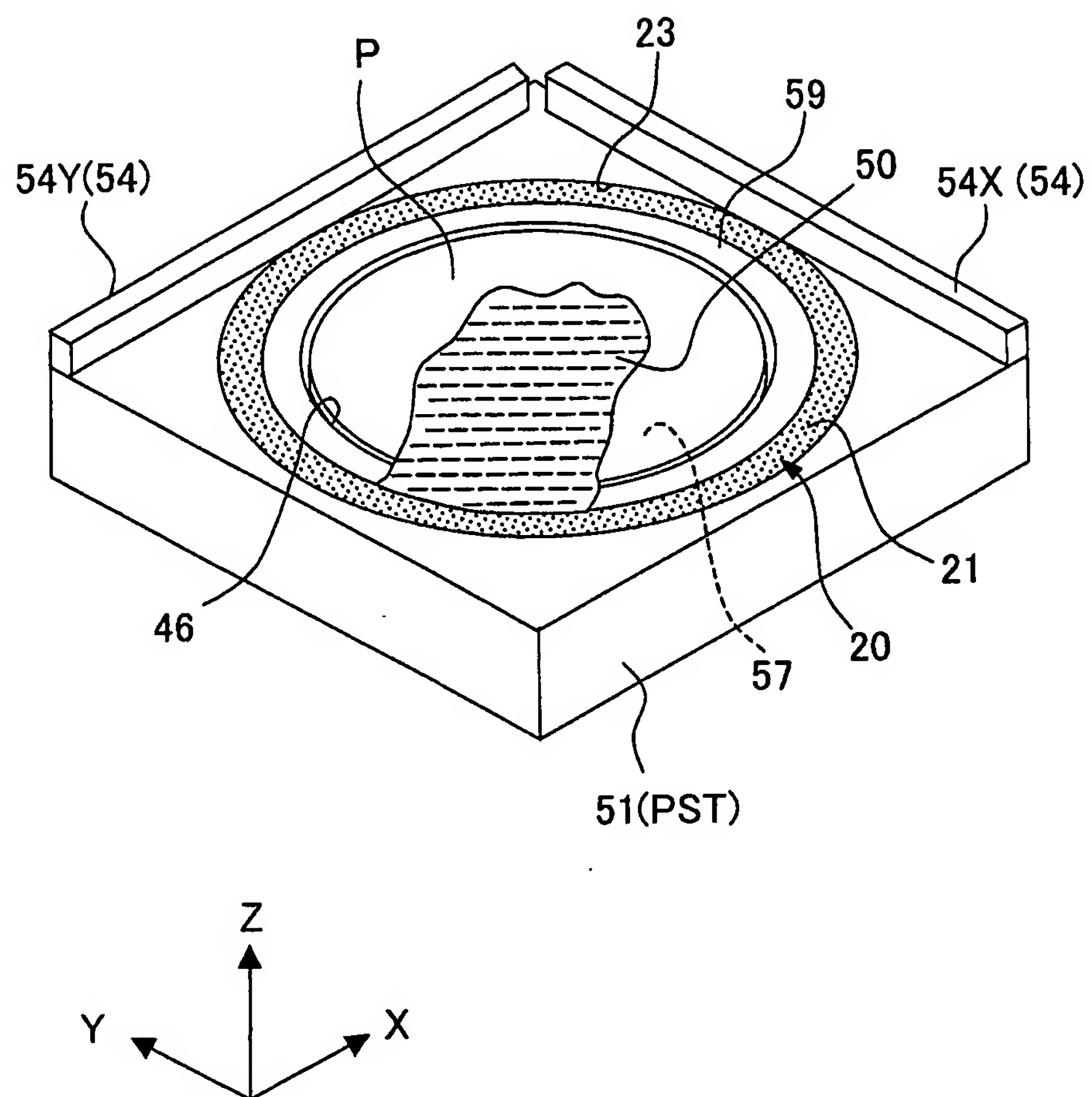
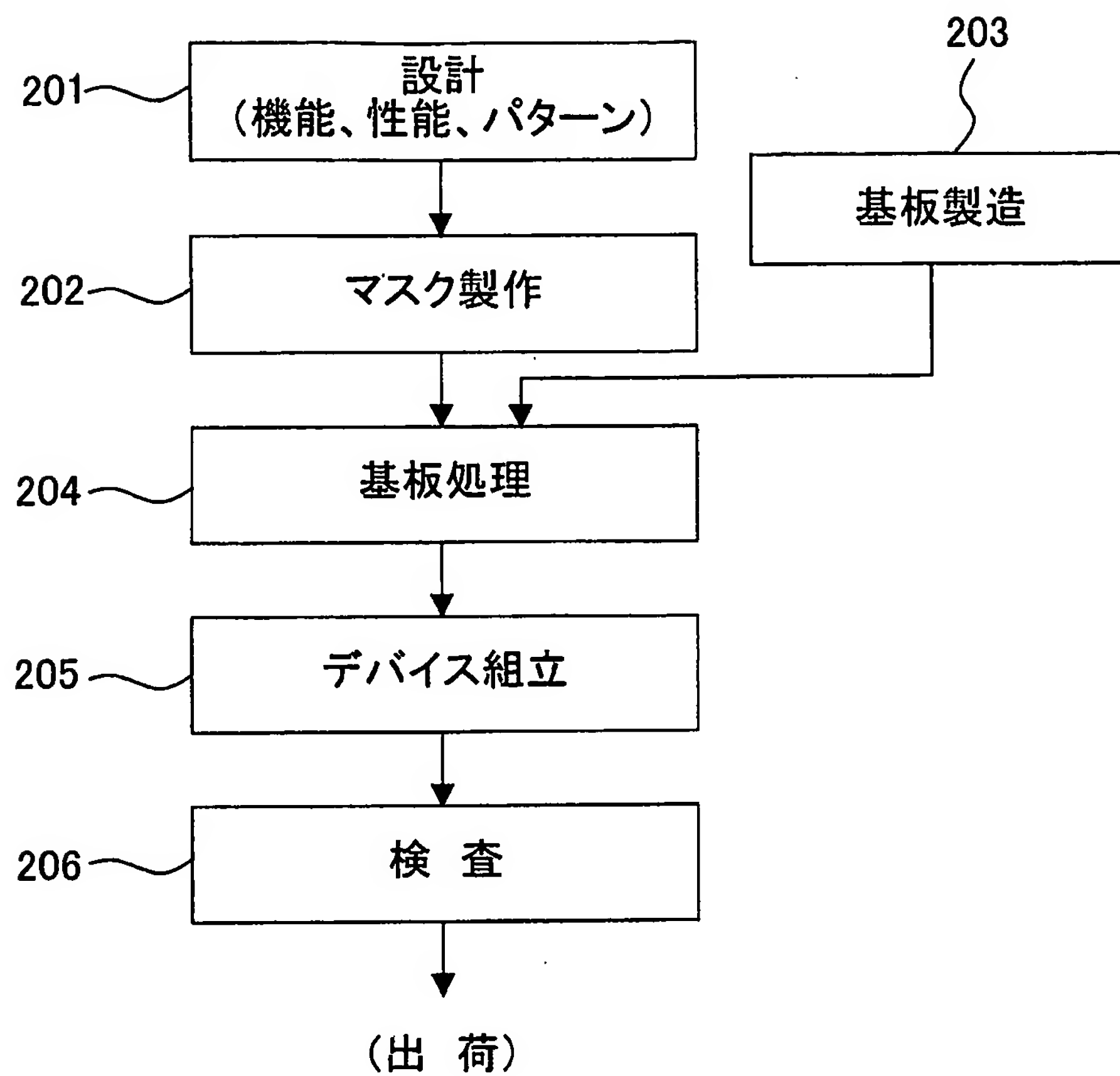
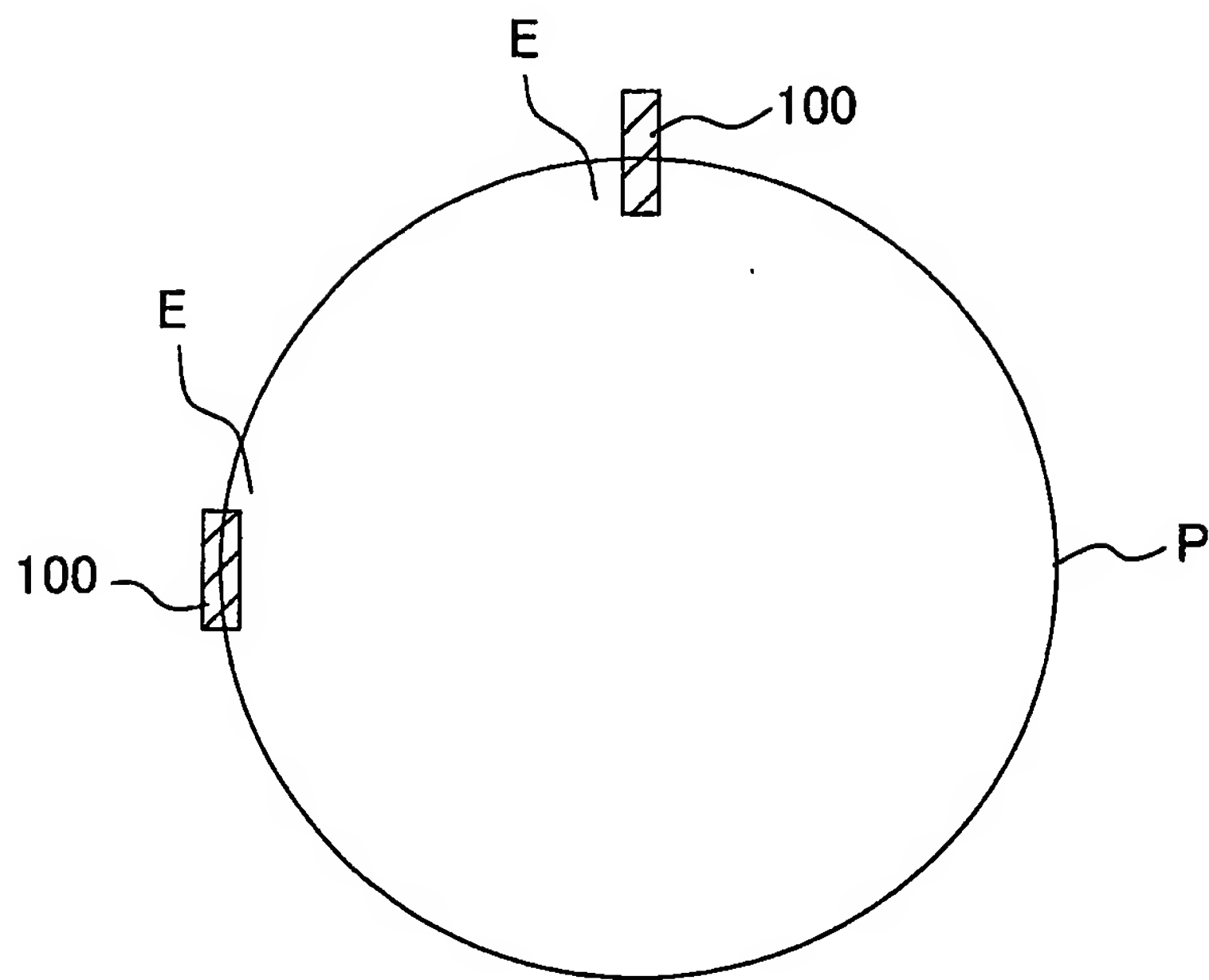
**Fig. 12**

Fig. 13





**Fig. 14**



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/15666

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99/49504 A1 (NIKON CORP.), 30 September, 1999 (30.09.99), Claims; page 20, lines 14 to 17; Fig. 1 & AU 2747999 A	1-3, 17, 18, 24, 33
A	JP 62-65326 A (Hitachi, Ltd.), 24 March, 1987 (24.03.87), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 63-157419 A (Toshiba Corp.), 30 June, 1988 (30.06.88), Full text; all drawings (Family: none)	1-36

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
18 March, 2004 (18.03.04)

Date of mailing of the international search report  
06 April, 2004 (06.04.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/15666

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-304072 A (NEC Corp.), 16 November, 1993 (16.11.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 6-124873 A (Canon Inc.), 06 May, 1994 (06.05.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 6-168866 A (Canon Inc.), 14 June, 1994 (14.06.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 7-220990 A (Hitachi, Ltd.), 18 August, 1995 (18.08.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	EP 834773 A2 (NIKON CORP.), 08 April, 1998 (08.04.98), Full text; all drawings & JP 10-154659 A & US 5825043 A	1-36
A	JP 10-255319 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 25 September, 1998 (25.09.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 10-303114 A (NIKON CORP.), 13 November, 1998 (13.11.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 10-340846 A (NIKON CORP.), 22 December, 1998 (22.12.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 11-176727 A (NIKON CORP.), 02 July, 1999 (02.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-36
A	JP 2000-58436 A (NIKON CORP.), 25 February, 2000 (25.02.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-36

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	WO 99/49504 A1 (株式会社ニコン) 1999. 09. 30, 特許請求の範囲, 第20頁第14-17 行, 図1 & AU 2747999 A	1-3, 1 7, 18, 2 4, 33
A	JP 62-65326 A (株式会社日立製作所) 1987. 03. 24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 63-157419 A (株式会社東芝) 1988. 06. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 18. 03. 2004	国際調査報告の発送日 06. 4. 2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 新井 重雄 電話番号 03-3581-1101 内線 3274	2M 8605

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 5-304072 A (日本電気株式会社) 1993. 11. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 6-124873 A (キヤノン株式会社) 1994. 05. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 6-168866 A (キヤノン株式会社) 1994. 06. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 7-220990 A (株式会社日立製作所) 1995. 08. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	EP 834773 A2 (NIKON CORPORATION) 1998. 04. 08, 全文, 全図& JP 10-15465 9 A&US 5825043 A	1-36
A	JP 10-255319 A (日立マクセル株式会社) 1998. 09. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 10-303114 A (株式会社ニコン) 1998. 11. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 10-340846 A (株式会社ニコン) 1998. 12. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 11-176727 A (株式会社ニコン) 1999. 07. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
A	JP 2000-58436 A (株式会社ニコン) 2000. 02. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36



## DESCRIPTION

### EXPOSURE APPARATUS AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

#### TECHNICAL FIELD

The present invention relates to an exposure apparatus that carries out exposure using a pattern image projected by a projection optical system while the image plane side of the projection optical system is locally filled with a liquid, and to a method of manufacturing a device using the exposure apparatus.

#### BACKGROUND ART

Semiconductor devices and liquid crystal display devices are manufactured by a so-called photolithography technique, according to which a pattern formed on a mask is transferred onto a photosensitive substrate. The exposure apparatus used in the photolithography process has a mask stage that supports a mask and a substrate stage that supports a substrate, and a mask pattern is transferred to a substrate through a projection optical system while the mask stage and the substrate stage are moved sequentially. In recent years, there has been an increasing demand for projection optical systems that can achieve higher resolutions to address even more densely integrated device patterns. The resolution of

a projection optical system increases as the exposure wavelength is shortened and the numerical aperture of the projection optical system increases. Therefore, the exposure wavelengths used in the exposure apparatuses have been shortened and the numerical apertures of the projection optical systems have been increased year after year. The mainstream exposure wavelength today is 248 nm by a KrF excimer laser, while an even shorter 193 nm by an ArF excimer laser is in the process of coming into practical use. During exposure, the depth of focus (DOF) is as important as the resolution. The resolution  $R$  and the depth of focus  $\delta$  are represented by the following expressions:

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

where  $\lambda$  is the exposure wavelength,  $NA$  is the numerical aperture of the projection optical system, and  $k_1$  and  $k_2$  are process coefficients. As can be understood from Expressions (1) and (2), if the exposure wavelength  $\lambda$  is shortened and the numerical aperture  $NA$  is increased to increase the resolution  $R$ , the depth of focus  $\delta$  is reduced.

If the depth of focus  $\delta$  is reduced too much, it would be difficult to match the substrate surface to the image plane of the projection optical system, so that the margin during

the exposure operation can be insufficient. Therefore, for example International Publication No. 99/49504 discloses an immersion method as a method of substantially shortening the exposure wavelength and increasing the depth of focus. According to the immersion method, the space between the lower surface of the projection optical system and the substrate surface is filled with a liquid such as an organic solvent, and the resolution is increased and the depth of focus is increased to be about  $n$  times as large by taking advantage of the fact that the wavelength of the exposure light in the liquid becomes  $1/n$  that in the air ( $n$  is the refractive index of the liquid which is normally about 1.2 to 1.6).

Meanwhile, this conventional technique is encountered with the following disadvantages. According to the conventional technique, the liquid is locally filled between the lower surface on the image plane side of the projection optical system and the substrate (wafer), and the liquid is not discharged to the outside of the substrate when a shot region in the vicinity of the center of the substrate is exposed. However, as shown in the schematic view in Fig. 14, when the peripheral region (edge region) E of the substrate P is moved to the projection region 100 of the projection optical system and the edge region E of the substrate P is to be exposed, the liquid is discharged to the outside of the substrate P. If the discharged liquid is left unattended, the environment (such

as the humidity) in which the substrate P is placed changes, which can give rise to changes in the refractive indexes in the optical path of the interferometer that measures the positional information of the substrate stage that holds the substrate P or in the optical paths of the detection light of the various optical detectors, and a desired pattern transfer precision may not be achieved. The discharged liquid may cause rust at mechanical components around the substrate stage that supports the substrate P. It would be possible to prevent the liquid from being discharged by not exposing the edge region E of the substrate P, but the edge region E must be subjected to exposure. Otherwise, a different problem is encountered that the substrate P as a wafer can unevenly contact the polishing surface of a CMP device and cannot be polished well in a succeeding step such as a CMP (Chemical Mechanical Polishing) processing. Furthermore, once the discharged liquid comes into the tube in the vacuum system (suction system), the vacuum pump as a vacuum source could be damaged or broken down.

#### DISCLOSURE OF THE INVENTION

The invention has been made in consideration of the circumstances and it is an object of the invention to provide an exposure apparatus and method that allow a pattern to be transferred with a high precision when exposure processing is

carried out while a liquid fills between a projection optical system and a substrate, and a device manufacturing method using such an exposure apparatus.

In order to achieve the above-described object, the arrangements corresponding to Figs. 1 to 13 in the following description of embodiments are employed according to the invention, but the parenthesized reference numerals represent examples of the elements only and are not intended to limit the elements.

According to a first aspect of the invention, an exposure apparatus (EX) transfers a pattern image on a substrate (P) through a liquid (50) and then carries out exposure to the substrate, and the apparatus includes a projection optical system (PL) that projects the pattern image on the substrate, and a recovery device (20) that recovers the liquid discharged to the outside of said substrate.

According to the invention, the liquid discharged to the outside of the substrate if any is not left unattended but is recovered by the recovery device. Therefore, the environment in which the substrate is placed can be restrained from changing, and a problem such as rust at mechanical components around the substrate stage supporting the substrate can be prevented. Therefore, the substrate can be transferred with a pattern with a high precision, and a device with a high pattern precision can be produced.

According to a second aspect of the invention, an exposure apparatus (EX) transfers a pattern image on a substrate through a liquid (50) and then carries out exposure to the substrate, the apparatus includes a projection optical system (PL) that projects the pattern image on the substrate, a liquid supply mechanism (1) that supplies the liquid from above said substrate, and a recovery device (20) that recovers the liquid supplied from said liquid supply mechanism (1), and said recovery device does not recover the liquid from above said substrate.

According to the invention, the liquid can be recovered (sucked) other than from above the substrate. Therefore, a noise or vibration can be prevented during the exposure processing to the substrate. The liquid discharged to the outside of the substrate is recovered by the recovery device, and therefore the environment in which the substrate is placed can be restrained from changing or rust at mechanical components can be prevented. Therefore, the substrate can be transferred with a pattern with a high precision, and a device with a high pattern precision can be produced.

According to a third aspect of the invention, an exposure apparatus (EX) transfers an pattern image on a substrate (P) through a liquid (50) and then carries out exposure to the substrate, and the apparatus includes a projection optical system (PL) that projects the pattern image on the substrate,

a suction system (26, 28, 29, 30, 32, 33) that has a suction hole (24), and a recovery device (20) that recovers liquid sucked through said suction hole.

According to the invention, if for example discharged liquid comes into the suction hole of the suction system, the liquid is recovered, so that the liquid can be prevented from coming into the vacuum source as the suction source. Therefore, if immersion exposure is carried out, the function of the suction system is assured, and the substrate can be exposed with a high precision pattern to produce a device.

According to a fourth aspect of the invention, an exposure apparatus transfers a pattern image on a substrate (P) through a liquid (50) and then carries out exposure to the substrate, and the apparatus includes a projection optical system (PL), a substrate stage (PST) that holds said substrate, and a recovery device (20) that has at least a part provided at said substrate stage and carries out liquid recovery. The exposure apparatus according to the invention can prevent the environment in which the substrate is placed from changing, and a problem such as rust at mechanical components can be prevented.

According to a fifth aspect of the invention, an exposure method carries out exposure to a substrate by transferring a prescribed pattern image on the substrate using a projection optical system, and the method includes supplying a liquid



between said projection optical system and said substrate from above the substrate, recovering said supplied liquid from a position outside the substrate and lower than the substrate, and carrying out exposure to said substrate while said liquid is supplied and recovered.

By the exposure method according to the invention, during the immersion exposure, the liquid is supplied from above the substrate, and the liquid is recovered from below the holding position of the substrate, so that a noise or vibration can effectively be prevented during the exposure processing to the substrate.

According to the invention, a device manufacturing method using the exposure apparatus (EX) according to any one of the first to fourth aspects is provided.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is a schematic view of an exposure apparatus according to one embodiment of the invention;

Fig. 2 is a view showing the positional relation between the tip end portion of a projection optical system, a liquid supply device, and a liquid recovery device;

Figs. 3 and 4 are views of an example of an arrangement of supply nozzles and recovery nozzles;

Fig. 5 is a perspective view of a recovery device according to one embodiment of the invention;

Fig. 6 is a sectional view of the recovery device according to the embodiment showing an essential part being enlarged;

Fig. 7 is a sectional view of a recovery device according to another embodiment showing an essential part being enlarged;

Fig. 8 is a perspective view of a recovery device according to yet another embodiment;

Figs. 9(a) and 9(b) are schematic sectional views of a recovery device according to a further embodiment;

Figs. 10(a) and 10(b) are schematic sectional views of a recovery device according to a further embodiment;

Fig. 11 is a view showing liquid recovery operation by a recovery device according to a further embodiment;

Fig. 12 is a view showing liquid recovery operation by a recovery device according to a still further embodiment;

Fig. 13 is a flowchart for use in illustrating an example of a process of manufacturing a semiconductor device; and

Fig. 14 is a view for use in illustrating a disadvantage associated with a conventional technique.

#### BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

Now, an exposure apparatus and a method of manufacturing a device will be described with reference with the drawings, while the invention is not limited to the description. Fig. 1 is a schematic view of an exposure

apparatus according to one embodiment of the present invention.

#### First Embodiment

In Fig. 1, the exposure apparatus EX includes a mask stage MST that supports a mask M, a substrate stage PST that supports a substrate P, an illumination optical system IL that illuminates the mask M supported at the mask stage MST with exposure light EL, and a projection optical system PL that projects the pattern image of the mask M illuminated by the exposure light EL on the substrate p supported by the substrate stage PST for exposure, a liquid supply device 1 that supplies a liquid 50 onto the substrate P, a recovery device 20 that recovers the liquid 50 discharged to the outside of the substrate P, and a control device CONT that controls the overall operation of the entire exposure apparatus EX.

Here, the embodiment will be described with reference to a scanning type exposure apparatus (so-called scanning stepper) as an example of the exposure apparatus EX in which a substrate P is subjected to exposure with a pattern formed on a mask M while the mask M and the substrate P are moved synchronously in the different directions (opposite directions) from each other in the scanning direction . In the following description, the direction in coincidence with the optical axis AX of the projection optical system PL is referred to as Z-axis direction, the synchronous moving direction (scanning direction) of the mask M and the substrate

P in a plane orthogonal to the Z-axis direction is referred to as X-axis direction, and the direction orthogonal to the Z-axis and X-axis directions (non-scanning direction) is referred to as Y-axis direction. The directions around the X-axis, Y-axis, and Z-axis directions are referred to as  $\theta X$ ,  $\theta Y$ , and  $\theta Z$  directions, respectively. Here, the "substrate" includes a semiconductor wafer coated with resist, and the "mask" includes a reticle having a device pattern to be projected in a reduced size on the substrate.

The illumination optical system IL illuminates the mask M supported at the mask stage MST with exposure light EL, and includes an exposure light source, an optical integrator that equalizes the illuminance of an light flux emitted from the exposure light source, a condenser lens that condenses the exposure light EL from the optical integrator, a relay lens system, and a variable field stop that sets an illumination region formed by the exposure light EL on the mask M into a slit shape. A prescribed illumination region on the mask M is illuminated by the illumination optical system IL with the exposure light EL in a homogeneous illumination distribution. Examples of the exposure light emitted from the illumination optical system IL include bright lines in the ultraviolet region (g line, h line, i line) emitted from for example a mercury lamp, far ultraviolet light (DUV light) such as KrF excimer laser light (wavelength: 248 nm), and a vacuum

ultraviolet light (VUV light) such as ArF excimer laser light (wavelength: 193 nm) and F<sub>2</sub> laser light (wavelength: 157 nm). The ArF excimer laser light is used according to the embodiment.

The mask stage MST supports the mask M and can make two-dimensional movement or rotate slightly in the  $\theta Z$ -direction in a plane orthogonal to the optical axis AX of the projection optical system PL, i.e., in an XY-plane. The mask stage MST is driven by a mask stage driving device MSTD such as a linear motor. The mask stage driving device MSTD is controlled by the control device CONT. The two-dimensional position and rotation angle of the mask M on the mask stage MST are measured in real time by a laser interferometer, and the measurement result is output to the control device CONT. The control device CONT drives the mask stage driving device MSTD based on the result of the measurement result of the laser interferometer and positions the mask M supported at the mask stage MST.

The projection optical system PL projects the pattern of the mask M at a projection magnification  $\beta$  to the substrate P for exposure and includes multiple optical devices (lenses), and these optical devices are supported by a lens barrel PK as a metal element. According to the embodiment, the projection optical system PL is a reducing system with a projection magnification  $\beta$  of for example 1/4 or 1/5. Note that the projection optical system PL may be of an equal

magnification or magnifying system. An optical device (lens) 60 is exposed from the lens barrel PK on the side of the tip end of the projection optical system PL (on the side of the substrate P). The optical device 60 is provided detachably (exchangeably) to the lens barrel PK.

The substrate stage PST supports the substrate P and includes a Z-stage 51 that holds the substrate P through a substrate holder, an XY stage 52 that supports the Z stage 51, and a base 53 that supports the XY stage 52. The substrate stage PST is driven by the substrate driving device PSTD such as a linear motor. The substrate stage driving device PSTD is controlled by the control device CONT. The position (focus position) of the substrate P held by the Z stage 51 in the Z-axis direction, and the positions in  $\theta X$  and  $\theta Y$  directions are controlled by driving the Z stage 51. The position of the substrate P in the XY direction (the position in a direction substantially parallel to the image plane of the projection optical system PL) is controlled by driving the XY stage 52. More specifically, the Z stage 51 controls the focus position and the inclination angle of the substrate P to match the surface of the substrate P to the image plane of the projection optical system PL according to the auto-focusing method or auto leveling method, so that the XY stage 52 positions the substrate P in the X-axis and Y-axis directions. It is understood that the Z stage and the XY stage can be provided integrally.

A moving mirror 54 that moves together with the substrate stage PST relative to the projection optical system PL is provided on the substrate stage PST (Z stage 51). A laser interferometer 55 is provided in a position opposed to the moving mirror 54. The two-dimensional position and rotation angle of the substrate P on the substrate stage PST are measured by the laser interferometer 55 in real time and the measurement result is output to the control device CONT. The control device CONT drives the substrate stage driving device PSTD based on the measurement result of the laser interferometer 55 to position the substrate P supported by the substrate stage PST.

According to the embodiment, an immersion method is employed in order to improve the resolution by substantially shortening the exposure wavelength and to substantially expand the depth of focus. Therefore, at least during the period in which the pattern image of the mask M is being transferred on the substrate P, the space between the surface of the substrate P and the tip end surface (bottom surface) 7 of the optical device (lens) 60 of the projection optical system PL on the side of the substrate P is filled with a prescribed liquid 50. As described above, the lens 60 is exposed on the side of the tip end of the projection optical system PL, and therefore the liquid 50 is supplied to be only in contact with the lens 60. In this way, the lens barrel PK made of a metal is prevented from being corroded. The tip end surface 7 of the lens 60 is



sufficiently smaller than the lens barrel PK of the projection optical system PL and the substrate P, and the liquid 50 is only in contact with the lens 60 as described above, so that the liquid 50 locally fills the image plane side of the projection optical system PL. More specifically, the immersed part between the projection optical system PL and the substrate P is sufficiently smaller than the substrate P. According to the embodiment, pure water is used for the liquid 50. The pure water can transmit exposure light EL such as bright lines (g line, h line, i line) in the ultraviolet range emitted from a mercury lamp and far ultraviolet light (DUV light) such as KrF excimer laser light (wavelength: 248nm).

The exposure apparatus EX includes a liquid supply device 1 that supplies a prescribed liquid 50 to the space 56 between the tip end surface 7 (tip end surface of the lens 60) of the projection optical system PL and the substrate P, and a liquid recovery device 2 as a second recovery device that recovers the liquid 50 in the space 56, i.e., the liquid 50 on the substrate P. The liquid supply device 1 is used to locally fill the image plane side of the projection optical system PL with the liquid 50 and includes a tank that stores the liquid 50, a pressure pump, and a temperature control device that controls the temperature of the liquid 50 supplied to the space 56. The liquid supply device 1 is connected with one end of a supply tube 3, and the other end of the supply tube 3 is

connected with a supply nozzle 4. The liquid supply device 1 supplies the liquid 50 to the space 56 through the supply tube 3 and the supply nozzle 4.

The liquid recovery device 2 includes a suction pump and a tank that stores the recovered liquid 50. The liquid recovery device 2 is connected with one end of a recovery tube 6 and the other end of the recovery tube 6 is connected with a recovery nozzle 5. The liquid recovery device 2 recovers the liquid 50 in the space 56 through the recovery nozzle 5 and the recovery tube 6. When the space 56 is filled with the liquid 50, the control device CONT drives the liquid supply device 1 and supplies a prescribed amount of the liquid 50 per unit time to the space 56 through the supply tube 3 and the supply nozzle 4 and drives the liquid recovery device 2 to recover a prescribed amount of the liquid 50 per unit time from the space 56 through the recovery nozzle 5 and the recovery tube 6. In this way, the liquid 50 is held in the space 56 between the tip end surface 7 of the projection optical system PL and the substrate P and the immersed part forms. Here, the control device CONT can arbitrarily set the amount of liquid to be supplied per unit time to the space 56 by controlling the liquid supply device 1 and can arbitrarily set the amount of liquid to be recovered per unit time from above the substrate P by controlling the liquid recovery device 2.

Fig. 2 is a partly enlarged view of Fig. 1 showing the

lower part of the projection optical system PL, the liquid supply device 1, the liquid recovery device 2 and the like in the exposure device EX. In Fig. 2, the lens 60 at the lowermost end of the projection optical system PL is formed to have a narrow rectangular shape in the Y-axis direction (non-scanning direction) excluding the part in the scanning direction that is needed by the tip end portion 60A. The pattern image of a part of the mask M is projected in a rectangular projection region immediately under the tip end portion 60A during the scanning and exposure period, the mask M moves in the -X direction (or +X direction) relative to the projection optical system PL at a speed V, and in synchronization with the movement, the substrate P is moved at a speed  $\beta \cdot V$  ( $\beta$ : projection magnification) in the +X direction (or -X direction) through the XY stage 52. After the end of exposure to one shot region, the next shot region moves to the scanning start position by the stepping of the substrate P, and thereafter the exposure processing is sequentially carried out to each shot region by the step and scan method. According to the embodiment, the liquid 50 is made to flow in the same direction as the movement direction of the substrate P along the moving direction of the substrate P.

Fig. 3 is a view showing the positional relation between the tip end portion 60A of the lens 60 of the projection optical system PL, the supply nozzles 4 (4A to 4C) that supply the liquid

50 in the X-axis direction and the recovery nozzles 5 (5A and 5B) that recover the liquid 50. In Fig. 3, the shape of the tip end portion 60A of the lens 60 is a rectangular shape elongate in the Y-axis direction, and the three supply nozzles 4A to 4C are provided on the +X direction side and the two recovery nozzles 5A and 5B are provided on the -X direction side with the tip end portion 60A of the lens 60 of the projection optical lens PL therebetween in the X-axis direction. The supply nozzles 4A to 4C are connected to the liquid supply device 1 through the supply tube 3, and the recovery nozzles 5A and 5B are connected to the liquid recovery device 2 through the recovery tube 4. Supply nozzles 8A to 8C and recovery nozzles 9A and 9B are provided in the positions 180° turned from the positions of the supply nozzles 4A to 4C and the recovery nozzles 5A and 5B around the center of the tip end portion 60A. The supply nozzles 4A to 4C and the recovery nozzles 9A and 9B are alternately provided in the Y-axis direction, and the supply nozzles 8A to 8C and the recovery nozzles 5A and 5B are alternately provided in the Y-axis direction, the supply nozzles 8A to 8C are connected to the liquid supply device 1 through a supply tube 10, and the recovery nozzles 9A and 9B are connected to the liquid recovery device 2 through a recovery tube 11.

As shown in Fig. 4, supply nozzles 13 and 14 and recovery nozzles 15 and 16 may be provided on both sides in the Y-axis

direction with the tip end portion 60A therebetween. These supply nozzles and recovery nozzles allow the liquid 50 to be stably supplied between the projection optical system PL and the substrate P while the substrate P moves in the non-scanning direction (Y-axis direction) by its step movement.

Note that the shape of the nozzles described above is not particularly limited and for example two pairs of nozzles may supply or recover the liquid 50 along the longer side of the tip end surface 60A. In this case, the supply nozzles and the recovery nozzles may be placed on each other in the vertical direction so that the liquid 50 can be supplied and recovered in any of the +X direction and the -X direction.

Now, a recovery device 20 according to one embodiment that recovers liquid discharged to the outside of the substrate P will be described with reference to Figs. 5 and 6. Fig. 5 is a perspective view of the Z stage 51 (substrate state PST) and Fig. 6 is a sectional view showing an essential part being enlarged.

In Figs. 5 and 6, the recovery device 20 includes a liquid absorbing member 21 provided around the substrate P held at a holder portion 57 on the Z stage 51. The liquid absorbing member 21 is an annular member having a prescribed width and provided at an annular groove 23 formed on the Z stage 51. A flow path 22 in communication with the groove 23 is formed in the Z stage 51, and the bottom of the liquid absorbing member

21 provided at the groove 23 is connected with the flow path 22. The liquid absorbing member 21 is made of a porous material such as porous ceramics. Alternatively, sponge as a porous material may be used to form the liquid absorbing material 21. The liquid absorbing member 21 made of such a porous material can hold a prescribed amount of liquid.

An annular auxiliary plate 59 that surrounds the outer periphery of the substrate P at a prescribed width is provided between the liquid absorbing member 21 and the substrate P held at the holder portion 57. The surface of the auxiliary plate 59 has a height substantially the same as the height of the surface of the substrate P held at the holder portion 57 of the Z stage 51. The use of the auxiliary plate 59 allows the liquid 50 to be held between the lens 60 of the projection optical system PL and the substrate P when the peripheral region (edge region) E of the substrate P is positioned under the lens 60 of the projection optical system PL. The liquid absorbing member 21 provided to surround the outer periphery of the auxiliary plate 59 at a prescribed width serves to absorb (recover) a part of the liquid 50 that cannot be recovered by the liquid recovery device 2 as the second recovery device and is discharged to the outside of the auxiliary plate 59.

The holder portion 57 is produced by providing a plurality of projections 58 used to support the back surface of the substrate P to a circular recessed portion formed on

the Z stage 51 in a size substantially the same as that of the substrate P. The projections 58 are each provided with a suction hole 24 to attract and hold the substrate P. The suction holes 24 are each connected with a flow path 25 provided inside the Z stage 51. A plurality of liquid recovery holes 46 are provided in the vicinity of the outermost periphery of the holder portion 57 (circular recessed portion). These liquid recovery holes 46 are connected with the flow path 22 connected to the liquid absorbing member 21. Note that another flow path different from the flow path 22 in connection with the liquid absorbing member 21 (groove 23) may be provided to connect to the liquid recovery holes 46.

The flow path 22 connected to the liquid absorbing member 21 and the liquid recovery holes 46 is connected to one end portion of a conduit 26 provided outside the Z stage 51. Meanwhile, the other end of the conduit 26 is connected to a pump 29 as a suction device through a first tank 27 and a valve 28 provided outside the Z stage 51. A flow path 25 connected to the suction holes 24 is connected to one end of a conduit 30 provided outside the Z stage 51. Meanwhile, the other end of the conduit 30 is connected to a pump 33 as a suction device through a second tank 31 and a valve 32 provided outside the Z stage 51. The liquid discharged to the outside of the substrate P is recovered together with the ambient gas (air) from the absorbing member 21 and the liquid recovery holes 46.



The liquid discharged to the backside of the substrate P is recovered from the suction holes 24 together with ambient gas (air). The methods of recovering the liquid will be detailed later. The liquid (water) and the gas (air) recovered from the liquid absorbing member 21 and the liquid recovery holes 46 and the suction holes 24 are separated and temporarily stored in the first tank 27 and the second tank 31. The gas/liquid separation prevents the liquid from coming into vacuum pumps 29 and 33 serving as vacuum sources, so that the vacuum pumps 29 and 33 can be prevented from being damaged. The first and second tanks 27 and 31 are provided with discharge flow paths 27A and 31A, so that a prescribed amount of the stored liquid is discharged from the discharge flow paths 27A and 31A using a water level sensor or the like.

Note that another flow path different from the flow path 22 (the tank 27, the valve 28, the vacuum pump 29) connected to the liquid absorbing member 21 (the groove 23) may be provided and connected to the liquid recovery holes 46. In Fig. 5, a moving mirror 54X extending in the Y-axis direction is provided at the end of the +X side of the Z stage 51, and a moving mirror 54Y extending in the X-axis direction is provided at the end of the Y-side. The laser interferometer directs laser light against the moving mirrors 54X and 54Y to detect the position of the substrate stage PST in the X-axis direction and the Y-axis direction.

Now, the process of carrying out exposure to the substrate P using the pattern of the mask M by the exposure apparatus EX described above will be described.

When the mask M is loaded on the mask stage MST and the substrate P is loaded on the substrate stage PST, the control device CONT drives the liquid supply device 1 and the liquid recovery device 2 to form the immersed part with the liquid 50 in the space 56 (see Fig. 1). The control device CONT illuminates the mask M with exposure light EL by the illuminating optical system IL and projects the pattern image of the mask M on the substrate P through the projection optical system PL and the liquid 50. In this example, while the shot region in the vicinity of the center of the substrate P is exposed with the light, the liquid 50 supplied from the liquid supply device 1 is recovered by the liquid recovery device 2 and is not discharged to the outside of the substrate P.

Meanwhile, as shown in Fig. 6, when the immersed part between the projection optical system PL and the substrate P is in the vicinity of the edge region E, the edge region E of the substrate P may be subjected to exposure processing, so that the liquid 50 can continue to be held between the projection optical system PL and the substrate P by the auxiliary plate 59, but the fluid 50 may partly be discharged to the outside of the auxiliary plate 59 in some cases, and the discharged fluid 50 is absorbed (recovered) by the liquid

absorbing member 21. At the time, the control device CONT starts to drive the liquid supply device 1 and the liquid recovery device 2, opens the valve 28 and starts to drive the pump 29. Therefore, the liquid 50 recovered by the liquid recovery member 21 is sucked by the pump 29 serving as a suction device and collected into the first tank 27 as it is drawn through the flow path 22 and the conduit 26 together with the ambient air.

The liquid 50 discharged through the gap between the substrate P and the auxiliary plate 59 is drawn together with the ambient air to the side of the flow path 22 through the liquid recovery holes 46 provided at the backside surface of the substrate P, and recovered to the first tank 27 through the conduit 26.

The liquid 50 coming to the backside surface of the substrate P through the gap between the substrate P and the auxiliary plate 59 can come into the suction holes 24 that attracts and holds the substrate P. The suction holes 24 are connected to the pump 33 serving as a suction device through the flow path 25, the conduit 30, and the second tank 31 as described above, as the valve 32 is opened and the pump 33 is driven, the substrate P can be attracted and held on the Z stage 51, and the liquid 50 coming into the suction holes 24 can be collected to the second tank 31 through the flow path 25 and the conduit 30. More specifically, the third recovery device

that recovers the liquid 50 coming into the suction holes 24 includes the flow path 25, the conduit 30, the second tank 31, the valve 32, the pump 33, and the control device CONT that controls to drive these elements. At the time, the suction holes 24 also serve as a liquid recovery hole (recovery device) provided at the backside surface of the substrate P.

The liquid coming to the backside surface of the substrate P and the gas (air) at the backside surface of the substrate P come in from the suction holes 24 as with the liquid recovery hole 46, while the liquid (water) is dropped into the second tank 31, so that the liquid and the gas (air) are separated. The liquid stored in the second tank 31 is regularly recovered, so that the liquid is prevented from coming into the vacuum pump 33 as the vacuum source. In this way, the vacuum pump 33 can be prevented from being damaged.

When the edge region E of the substrate P is subjected to exposure, in other words when the liquid immersed part between the projection optical system PL and the substrate P is in the vicinity of the periphery of the substrate P, the liquid 50 can partly be discharged to the outside of the substrate P. According to the embodiment, if the liquid 50 is discharged to the outside of the substrate P, the control device CONT carries out at least one of the control to cause the liquid supply device 1 to increase the amount of liquid supply per unit time to the space 56 and the control to cause

the liquid recovery device (second recovery device) 2 to reduce the amount of liquid recovered per unit time from the space 56 when the liquid immersed part is in the edge region E so that the space between the projection optical system PL and the substrate P can sufficiently be filled with the liquid 50. Here, during the above-described control to increase the liquid supply amount or the control to reduce the liquid recovery amount, the control device CONT may control the liquid supply device 1 and/or liquid recovery device 2 in response to a detection result of the position of the substrate P using a laser interferometer, or a detector that detects the amount of the liquid recovered (discharged) may be provided at the first or second tank 27 or 32 or the conduit 26 or 30 and the liquid supply device 1 and/or the liquid recovery device 2 may be controlled in response to a detection result from the detector.

Note that the exposure apparatus EX according to the embodiment is a so-called scanning stepper. Therefore, when scanning exposure is carried out as the substrate P is moved in the scanning direction (-X direction) denoted by the arrow Xa (see Fig. 3), the liquid 50 is supplied and recovered by the liquid supply device 1 and the liquid recovery device 2 using the supply tube 3, the supply nozzles 4A to 4C, the recovery tube 4, and the recovery nozzles 5A and 5B. More specifically, when the substrate P moves in -X direction, the

liquid 50 is supplied between the projection optical system PL and the substrate P from the liquid supply device 1 through the supply tube 3 and the supply nozzles 4 (4A to 4C), and the liquid 50 is recovered by the liquid recovery device 2 through the recovery nozzles 5 (5A and 5B) and the recovery tube 6, so that the liquid 50 is made to flow in -X direction to fill between the lens 60 and the substrate P. When scanning exposure is carried out as the substrate P is moved in the scanning direction (+X direction) denoted by the arrow Xb, the liquid 50 is supplied and recovered by the liquid supply device 1 and liquid recovery device 2 using the supply tube 10, the supply nozzles 8A to 8C, the recovery tube 11 and the recovery nozzles 9A and 9B. More specifically, when the substrate P moves in the +X direction, the liquid 50 is supplied between the projection optical system PL and the substrate P through the supply tube 10 and the supply nozzles 8 (8A to 8C), and the liquid 50 is recovered by the liquid recovery device 2 through the recovery nozzles 9 (9A and 9B) and the recovery tube 11, so that the liquid 50 is made to flow to fill between the lens 60 and the substrate P. In this way, the control device CONT uses the liquid supply device 1 and the liquid recovery device 2, and makes the liquid 50 flow in the moving direction of the substrate P. In this way, for example the liquid 50 supplied from the liquid supply device 1 through the supply nozzle 4 is for example passed to be drawn into the space 56 in

association with the movement of the substrate P in the -X direction, and therefore the liquid 50 can readily be supplied into the space 56 with even small supply energy by the liquid supply device 1. The direction in which the liquid 50 is passed may be switched according to the scanning direction, so that the liquid 50 can fill between the tip end surface 7 of the lens 60 and the substrate P whether in the +X direction or the -X direction the substrate P is scanned. Therefore, a high resolution and a wide depth of focus can be obtained.

As in the foregoing, if the liquid 50 is discharged to the outside of the substrate P, the discharged liquid 50 is not left unattended but recovered by the recovery device 20. Therefore, the environment in which the substrate P is placed can be restrained from changing, and a problem such as rust at mechanical components around the substrate stage PST supporting the substrate P can be prevented. Therefore, the substrate P can be transferred with a pattern with a high precision, and a device with a high pattern precision can be produced.

The liquid absorbing member 21 is provided on the substrate stage PST as the recovery device 20, so that the liquid 50 can be held (recovered) surely in a wide range. The pump 29 as the suction device is connected to the liquid absorbing member 21 through the flow path, and therefore the liquid 50 absorbed by the liquid absorbing member 21 is



constantly discharged to the outside of the substrate stage PST. Therefore, the environment in which the substrate P can be further restrained from being changed and the weight change of the substrate stage PST because of the liquid 50 can be prevented. During the exposure to the substrate, the pump 29 may be stopped and the liquid 50 discharged to the outside of the substrate P may be held by the liquid absorbing member 21 or the like, and after the exposure to the substrate, the pump 29 may be operated to discharge the liquid. Meanwhile, without the pump 29, the liquid 50 recovered by the liquid absorbing member 21 may be let to run toward the tank 27 by its own weight. Furthermore, without the pump 29, the tank 27 or the flow path, only the liquid absorbing member 21 may be provided on the substrate stage PST, and the liquid absorbing member 21 that has absorbed liquid 50 may be replaced regularly (such as on a lot basis). In this way, the weight of the substrate stage PST may fluctuate because of the liquid 50, but the stage control parameter may be changed in response to the weight of the liquid 50 recovered by the liquid absorbing member 21, so that the precision of the stage positioning may be maintained.

Since the tanks 27 and 31 that separate the liquid (water) and the gas (air) are provided before the vacuum pumps 29 and 33 in order to prevent a liquid from coming into the vacuum pumps 29 and 33, the vacuum pumps 29 and 33 can be prevented from being broken down or damaged.

Note that the vacuum pumps 29 and 33 in the above-described embodiment may be provided in the exposure apparatus EX or may be provided in a factory where the exposure apparatus EX is provided. In the above-described embodiment, the tanks used to separate the liquid (water) and the gas (air) are provided in the vacuum system (before the vacuum pump) of the recovery device 20 that recovers the liquid discharged to the outside of the substrate P and in the vacuum system used to hold the substrate P by suction. However, the mechanism used to separate the liquid (water) and the gas (air) may be provided in any other place such as in a suction system (vacuum system) connected to another suction hole which a liquid could come into. The mechanism may be provided for example in a gas recovery system (suction system) for a gas bearing, a suction system used to hold the substrate P at the substrate transport arm by suction, or a suction system used to hold the substrate holding member detachably at the substrate stage by suction. Such a gas recovery system (suction system) for the gas bearing is for example disclosed by JP-A-11-166990, such a suction system used to hold the substrate P at the substrate transport arm by suction is for example disclosed by JP-A-6-181157, and such a suction system used to hold the substrate holding member detachably at the substrate stage by suction is for example disclosed by JP-A-10-116760, the disclosures of all these documents are incorporated herein by reference to the extent

statutorily permitted in a country (or countries) designated or selected in this international application. According to the embodiment, the mechanism such as a tank used to separate the liquid (water) and the gas (air) is applied to the exposure apparatus that carries out exposure to the substrate P while forming a liquid immersed region in a part of the region on the substrate P. The mechanism may be applied to an exposure apparatus that moves a substrate stage in a liquid vessel or an exposure apparatus that holds a substrate in a liquid vessel formed on a substrate stage. The construction of such an exposure apparatus that moves a substrate stage in a liquid vessel and the exposure operation thereof are for example disclosed by JP-A-6-124873, and such an exposure apparatus that holds a substrate in a liquid vessel formed on a substrate stage is for example disclosed by JP-A-10-303114 (U. S. Patent No. 5,825,043), and the disclosures of these documents are incorporated herein by reference to the extent statutorily permitted in a country (countries) designated or selected in this international application.

According to the above-described embodiment, the liquid absorbing member 21 is formed in a continuous annular shape surrounding the entire periphery of the substrate P, but the member may be provided at a part of the periphery of the substrate P, or provided discontinuously at prescribed intervals. The liquid absorbing member 21 according to the

embodiment is formed in an annular shape, but the member may have a rectangular shape or any desired shape.

The constructions of the liquid supply device 1 and the liquid recovery device 2 and the position of the nozzles are not limited to those in the above-described embodiment. during the exposure processing to the substrate P, the liquid supply device 1 and the liquid recovery device 2 do not have to operate in parallel, one of them or both may be stopped as long as the exposure light path between the projection optical system PL and the substrate P is filled with the liquid 50.

As described above, the liquid 50 in the embodiment is pure water. The use of the pure water is advantageous because the pure water is available in abundance at a semiconductor device factory or the like and does not adversely affect the photo-resist on the substrate P, the optical device (lens), and the like. The pure water does not adversely affect the environment, and the content of impurities is extremely low, so that the water may clean the surface of the substrate P and the surface of the optical device provided at the tip end surface of the projection optical system PL.

The refractive index  $n$  of the pure water (water) relative to the exposure light EL whose wavelength is about 193 nm is assumed to be about in the range from 1.47 to 1.44, and when ArF excimer laser light (wavelength: 193 nm) is used as a light source for the exposure light EL, the light has its wavelength

shortened to  $1/n$ , i.e., about from 131 nm to 134 nm on the substrate P, and a high resolution results. The depth of focus is expanded about  $n$  times that in the air, i.e., to about 1.47 to 1.44 times, and therefore if the depth of focus only about the same as that in the case of use in the air is necessary, the numerical aperture of the projection optical system PL can be increased, and the resolution can be improved in this sense.

According to the embodiment, the lens 60 is attached to the tip end of the projection optical system PL, the optical device attached to the tip end of the projection system PL may be an optical plate for use in adjusting the optical characteristic of the projection optical system PL such as aberration (such as spherical aberration and comatic aberration). Alternatively, the device may be a plane-parallel plate that can transmit exposure light EL. Using the plane-parallel plate more inexpensive than a lens as the optical device in contact with the liquid 50, any substances (such as a silicon-based organic substance) that would degrade the transmittance of the projection optical system PL, the illuminance of the exposure light EL on the substrate P, and the homogeneity of illumination distribution stick to the plane-parallel plate during the transport, assembly, adjustment and the like of the exposure apparatus EX, it is only necessary to replace the plane-parallel plate immediately before the supply of the liquid 50, which is less

costly than the case using a lens as the optical device in contact with the liquid 50. More specifically, the surface of the optical device in contact with the liquid 50 is contaminated with scattering particles generated from the resist because of the irradiation of the exposure light EL or impurities in the liquid 50 sticking to the surface, and therefore the optical device must be replaced regularly. Therefore, the use of an inexpensive plane-parallel plate as the optical device allows the replacement cost to be reduced, shortens the time required for replacement, keeps the maintenance cost (running cost) low and prevents the throughput from being reduced.

If the pressure between the optical device at the tip end of the projection optical system and the substrate P caused by the flow of the liquid 50 is large, the optical device may be firmly fixed by the pressure rather than being replaceable.

According to the embodiment, the liquid 50 is water, but the liquid may be any other liquid. If the light source of the exposure light EL is an F<sub>2</sub> laser, F<sub>2</sub> laser light is not transmitted through the water, and therefore a fluoride-based liquid that can transmit F<sub>2</sub> laser light such as fluoride-based oil or perfluoropolyether (PFPE) may be used as the liquid 50. An example of the liquid 50 may include a substance transparent to the exposure light EL, having a refractive index as high as possible, and stable to the photo-resist applied to the

projection optical system PL and the surface of the substrate P (such as cedar oil).

#### Second Embodiment

Now, an exposure apparatus EX according to another embodiment of the invention will be described with reference to Fig. 7. In the following description, the same or equivalent elements as those in the above-described embodiment are denoted by the same reference characters and the description will be simplified or omitted. The characteristic features about the embodiment reside in that a liquid recovery groove 35 is provided around the substrate P instead of the liquid absorbing member 21 as the recovery device and that the substrate stage PST and the conduit 26 are connectable/detachable.

In Fig. 7, the recovery device 20 includes the liquid recovery groove 35 having a prescribed width and formed around an auxiliary plate 59 on a Z stage 51. A connection valve 36 is provided at an end of the flow path 22. Meanwhile, a connection valve 37 connectable/detachable to/from the connection valve 36 is provided at an end of the flow path 26. When the connection valves 36 and 37 are separated, the end of the flow path 22 is blocked, so that the fluid 50 is not discharged to the outside of the stage. When the connection valves 36 and 37 are connected to let the end of the flow path 22 open, so that the liquid 50 in the flow path 22 can be passed through the conduit 26.



During the exposure processing, the connection valve 36 and the connection valve 37 are separated. Therefore, the substrate stage PST is separated from the conduit 26 during the exposure processing, and the movement in the scanning direction (scanning movement) and movement in the non-scanning direction (step movement) can smoothly be carried out. The liquid 50 discharged to the outside of the substrate P during the exposure stays in the liquid recovery groove 35 or the flow path 22.

After the exposure processing, the substrate stage PST moves to a position for exchanging the substrate P (load/unload position). At the substrate exchange position, the connection valves 36 and 37 are connected. When the connection valves 36 and 37 are connected, the control device CONT opens the valve 28 and drives the pump 29. In this way, the liquid 50 recovered by the liquid recovery groove 35 as the recovery device is discharged to the outside of the stage at the substrate exchange position.

Note that according to the embodiment, the liquid 50 recovered by the liquid recovery groove 35 is regularly (such as on a lot-basis) discharged to the outside of the stage, and therefore the size (volume) of the liquid recovery groove 35 is set to a level at which the liquid corresponding to the amount of the liquid discharged per lot. In this case, the relation between the number of substrates to be subjected to prescribed

exposure processing (i.e., a lot) and the amount of the liquid discharged is previously obtained, and the size of the liquid recovery groove 35 is set based on the relation. Alternatively, based on the obtained relation, the time interval at which the connection valves 36 and 37 are connected (i.e., the timing of discharging the liquid to the outside of the stage) is set.

According to the embodiment, the liquid recovery groove 35 is formed in a continuous annular shape surrounding the entire periphery of the substrate P, while the groove may be provided at a part of the periphery of the substrate P or discontinuously at prescribed intervals. The liquid recovery groove 35 according to the embodiment is formed in an annular shape but the shape may be any arbitrary shape such as a rectangle. A liquid absorbing member may be provided in the liquid recovery groove 35.

According to the embodiment, the auxiliary plate 59 is provided outside the substrate P, but the liquid absorbing member 21 or the liquid recovery groove 35 may be provided in the vicinity of the outer periphery of the substrate P without providing the auxiliary plate 59.

According to the embodiment, the liquid is locally filled between the projection optical system PL and the substrate P in the exposure apparatus, but the recovery mechanism that recovers the liquid coming into the suction hole used to hold the substrate P by suction as shown in Figs. 6 and 7 may be

applied to the liquid immersion type exposure apparatus that moves a stage that holds a substrate to be exposed in a liquid vessel, or the invention is applicable to a liquid immersion type exposure apparatus that holds a substrate in a liquid vessel having a prescribed depth formed on a stage. As described above, the construction of the liquid immersion type exposure apparatus that moves a stage holding a substrate to be exposed in a liquid vessel and the exposure operation thereof are for example disclosed by JP-A-6-124873, and the construction of the liquid immersion type exposure device that holds a substrate in a liquid vessel having a prescribed depth formed on a stage and the exposure operation thereof are for example disclosed by JP-A-10-303114 (U. S. Patent No. 5,825,043).

#### Third Embodiment

Now, with reference to Figs. 8 to 10, a recovery device according to another embodiment will be described.

As shown in Fig. 8, the upper surface of the Z stage 51 is inclined and the upper surface of a holder portion 57 that holds the substrate P is level. A liquid recovery groove 35 is formed to surround the holder portion 57. At the time, the liquid recovery groove 35 is in an annular shape when viewed in a plan view, while it is inclined when viewed in a side view. More specifically, the liquid recovery groove 35 is formed along the inclination of the upper surface of the Z stage 51.

In this way, the liquid 50 discharged to the outside of the substrate P is naturally stored in the inclined lower part 35A of the liquid recovery groove 35. When the liquid 50 is recovered, it is only necessary to recover the liquid 50 stored in the inclined lower part 35A, and therefore the recovery operation can readily be carried out.

As shown in Fig. 9(a), the liquid recovery groove 35 is provided at a part of the upper surface of the Z stage 51. The liquid 50 is stored in the liquid recovery groove 35 as a result of exposure. As shown in Fig. 9(b), the liquid 50 stored in the liquid recovery groove 35 is recovered through a tube 38 attached to a transfer device H that loads and unloads the substrate P to the substrate stage PST. A tube 37 that forms a part of a suction device sucks the liquid 50 stored at the liquid recovery groove 35 when the transport device H accesses the substrate stage PST to unload the substrate P from the substrate stage after the exposure processing.

#### Fourth Embodiment

Now, a recovery device according to yet another embodiment will be described. As shown in Fig. 10(a), a liquid recovery groove 35 is provided at the upper surface of a Z stage 51. The liquid recovery groove 35 is connected to a flow path 39 penetrating through to the bottom surface side of the Z stage 51. The flow path 39 is provided with a valve 39A. Flow paths 40 and 41 as through holes are formed at an XY stage 52 and

a base 53, respectively corresponding to the flow path 39 of the Z stage 51. During exposure processing, the valve 39A is closed and as shown in Fig. 10(a), the liquid 50 is stored in the liquid recovery groove 35. After the exposure processing, a control device CONT moves a substrate stage PST to a substrate exchange position, and opens the valve 39A. In this way, as shown in Fig. 10(b), the liquid 50 in the liquid recovery groove 35 is discharged to the outside of the stage by its own weight through the flow paths 39, 40, and 41 at the substrate exchange position. Note that the liquid 50 in the liquid recovery groove 35 is preferably recovered at the substrate exchange position, but the discharge operation may be performed in a different position from the substrate exchange position.

#### Fifth Embodiment

In the above-described embodiments, the liquid supply device 1 supplies the liquid 50 onto the substrate P from above the substrate P through the supply nozzle 4, and the liquid recovery device 2 as the second recovery device recovers the liquid 50 on the substrate P from above the substrate P through the recovery nozzle 5, so that the liquid immersion region is formed on a part of the substrate P. As shown in Fig. 11, almost the entire liquid 50 supplied to the substrate P may be recovered by the recovery device 20 provided at the substrate PST without providing the liquid recovery device 2 (recovery nozzle 5) above the substrate P. Fig. 11 shows the supply

nozzles 4 and 8 provided on the sides of the projection region of the projection optical system PL (optical device 60) in the scanning direction (X-direction). When the liquid 50 is supplied at the time of carrying out scanning and exposure to the substrate P, the liquid 50 may be supplied from one of the nozzles 4 and 8 according to the moving direction of the substrate P. Alternatively, the liquid 50 may be supplied from both supply nozzles 4 and 8 at a time. The liquid 50 supplied from the liquid supply device 1 can widely spread on the substrate P and can form a large immersed region. As shown in the perspective view in Fig. 12, the liquid 50 supplied on the substrate P is subsequently discharged to the outside of the substrate P and almost entirely recovered by the recovery device 20 having a groove 23 (liquid absorbing member 21) provided around the substrate P as a recovery hole. Here, during the exposure processing to the substrate P, the liquid supply device 1 continues to supply the liquid 50 onto the substrate P and can form the immersed region successfully on the substrate P. The device also can create a flow of the liquid 50 on the substrate P by the supplied liquid 50, so that the liquid 50 supplied onto the substrate P can always be fresh (clean) and the liquid 50 on the substrate P can be passed onto the groove 23.

The liquid recovery device 2 as the second liquid recovery device recovers the liquid 50 on the substrate P by

suction through the recovery nozzle 5 from above the substrate P using a vacuum system, and the liquid (water) and the gas (air) are recovered together, so that the liquid may impinge upon the inner wall of the recovery tube 6 and make a noise or vibration. In this case, as in the embodiment shown in Figs. 11 and 12, the recovery of the liquid 50 by suction from above the substrate P is not carried out, and only the recovery device 20 provided at the substrate stage PST may be used to recover the liquid 50, so that the noise or vibration can be prevented during the exposure processing to the substrate P.

In this embodiment in which the liquid is not recovered from above the substrate P, the arrangement shown in Fig. 7 according to the second embodiment may be employed as the recovery device 20. In Fig. 7, the vacuum pump 29 does not suck the liquid recovered by the liquid recovery groove 35 during the exposure processing to the substrate P, and therefore the noise or vibration derived from the suction of the liquid can be restrained, which is more effective.

As in the foregoing embodiments, the liquid recovery device 2 that recovers the liquid through the recovery nozzle 5 from above the substrate P may be provided, the liquid may be recovered only by the recovery device 20 without operating the liquid recovery device 2 during the exposure processing to the substrate P, and then after the exposure processing to the substrate P, the liquid recovery device 2 and the recovery



device 20 may both be used to recover the liquid 50. In this case, the effect of a noise or vibration derived from suction (recovery) of the liquid during the exposure processing to the substrate P may be restrained.

Note that examples of the substrate P according to the embodiments described above may include a glass substrate for a display device, a ceramic wafer for a thin film magnetic head, and a mask or an original form of reticle (such as synthetic silica and a silicon wafer) for use in an exposure apparatus in addition to a semiconductor wafer used to produce a semiconductor device.

In addition to the step and scan type scanning exposure apparatus (scanning stepper) that moves a mask M and a substrate P in synchronization to carries out scanning and exposure with the pattern of the mask M, the exposure apparatus EX may be a step and repeat type projection exposure apparatus (stepper) that carries out exposure with the pattern of a mask M at a time as the mask M and the substrate P are in a stationary state, and the substrate P is sequentially moved by on a step basis. The invention may be applied to a step and stitch type exposure apparatus that transfers at least two patterns partly overlapped on the substrate P.

The kind of the exposure apparatus EX is not limited to the exposure apparatus used to produce a semiconductor device to expose the substrate P with the pattern of the semiconductor

device, and the invention is applicable to a wide range of devices including an exposure apparatus used to produce a liquid crystal display, and an exposure apparatus used to produce a thin film magnetic head, an image sensing device (CCD) or a reticle or mask.

The invention is also applicable to a twin-stage type exposure apparatus. The construction of the twin stage type exposure apparatus and the exposure operation thereof are disclosed by JP-A-10-163099, JP-A-10-214783, JP-A-2000-505958, and U. S. Patent Nos. 6,341,007, 6,400,441, 6,549,269, and 6,590,634, and the disclosures of these documents are incorporated herein by reference to the extent statutorily permitted in a country (or countries) designated or selected in this international application.

When a linear motor is used for the substrate stage PST or the mask stage MST, either an air floating type using an air bearing or a magnetic floating type using Lorentz force or reactance force may be employed. The stages PST and MST may move along a guide or may be a guideless type without a guide. An example of the use of a linear motor for a stage is disclosed by U. S. Patent Nos. 5,623,853, and 5,528,118, and the disclosures of these patents are incorporated herein by reference to the extent statutorily permitted in a country (or countries) designated or selected in this international application.

As a driving mechanism for each of the stages PST and MST, a plane motor may be used. With the motor, a magnetic unit including magnets in a two-dimensional arrangement and an armature unit including coils in a two-dimensional arrangement may be opposed to each other, so that the generated electromagnetic force drives each of the stages PST and MST. In this case, one of the magnetic unit and the armature unit may be connected to stages PST and MST, and the other of the magnetic unit and the armature unit may be provided on the side of the moving surface of the stages PST and MST.

The reaction force generated by the movement of the substrate stage PST may be lost mechanically to the floor (ground) using a frame member, so that the force is not transmitted to the projection optical system PL. A method of processing the reaction force is for example disclosed in detail by U. S. Patent No. 5,528,118 (JP-A-8-166475), the disclosure of which is incorporated herein by reference to the extent statutorily permitted in a country (countries) designated or selected in this international application.

The reaction force generated by the movement of the mask stage MST may be lost mechanically to the floor (ground) using a frame member, so that the force is not transmitted to the projection optical system PL. A method of processing the reaction force is for example disclosed in detail by U. S. Patent No. 5,874,820 (JP-A-8-330224), the disclosure of which

is incorporated herein by reference to the extent statutorily permitted in a country (countries) designated or selected in this international application.

As in the foregoing, the exposure apparatus EX according to the embodiment is produced by assembling various sub systems including the elements recited in the claims so that a prescribed mechanical precision, a prescribed electrical precision, and a prescribed optical precision are maintained. In order to secure these precisions, adjustment is carried out to achieve the optical precision for the various optical system, the mechanical precision as for the various mechanical systems, and the electrical precisions for the various electrical system before and after the assembling. The process of assembling the various sub systems into the exposure apparatus includes mechanical connection between the various sub systems, wiring connection between electrical circuits, and tube connection between pneumatic circuits. It is understood that these various sub systems must be assembled individually before the process of assembling the sub systems into the exposure apparatus. After the process of assembling the sub systems into the exposure apparatus ends, total adjustment is carried out so that various kinds of precisions for the exposure apparatus as a whole are secured. Note that the manufacture of the exposure apparatus is desirably carried out in a clean room in which the temperature, cleanliness, and the like are

controlled.

As shown in Fig. 13, a micro-device such as a semiconductor device is produced by designing the function and performance of the micro device (step 201), producing a mask (reticle) based on the designing step (step 202), producing a substrate as a base material for the device (step 203), carrying out exposure processing to the substrate using the pattern of the mask by the exposure apparatus EX according to the above-described embodiment (step 204), assembling the device (including dicing, bonding, and packaging) (step 205), and inspecting (step 206).

#### INDUSTRIAL APPLICABILITY

According to the invention, discharged liquid if any is not left unattended but is recovered by a recovery device. Therefore, inconveniences derived from the discharged liquid can be prevented, and a device having a high pattern precision can be produced.

## CLAIMS

1. An exposure apparatus that transfers a pattern image on a substrate through a liquid and then carries out exposure to the substrate, comprising:

a projection optical system that projects the pattern image on the substrate; and

a recovery device that recovers the liquid discharged to the outside of said substrate.

2. The exposure apparatus according to claim 1, further comprising a substrate stage that holds said substrate, wherein said recovery device has a recovery portion provided at said substrate stage.

3. The exposure apparatus according to claim 2, wherein the recovery portion of said recovery device is provided at least at a part of the periphery of a holding portion provided at said substrate stage to hold the substrate.

4. The exposure apparatus according to claim 2, wherein the recovery portion of said recovery device includes a liquid absorbing member provided at said substrate stage.

5. The exposure apparatus according to claim 4, wherein

said liquid absorbing member includes a porous member.

6. The exposure apparatus according to claim 2, wherein the recovery portion of said recovery device includes a liquid recovery groove provided at said substrate stage.

7. The exposure apparatus according to claim 2, wherein the recovery portion of said recovery device includes a recovery hole provided at said substrate stage.

8. The exposure apparatus according to claim 2, wherein said recovery device recovers the liquid coming to the backside of said substrate held at said substrate stage.

9. The exposure apparatus according to claim 2, wherein said recovery device discharges the liquid recovered by said recovery portion when said substrate stage comes to a substrate exchange position.

10. The exposure apparatus according to claim 2, further comprising a suction device that sucks the liquid recovered by the recovery portion of said recovery device.

11. The exposure apparatus according to claim 2, further comprising a tank that collects the liquid recovered by the



recovery portion of said recovery device.

12. The exposure apparatus according to claim 1, further comprising a supply device that supplies a liquid between said projection optical system and said substrate, wherein said supply device increases the amount of liquid to be supplied when the liquid immersed portion between said projection optical system and said substrate is in the vicinity of the periphery of said substrate.

13. The exposure apparatus according to claim 1, further comprising a second recovery device that recovers liquid on said substrate, wherein said second recovery device reduces the amount of liquid to be recovered when the liquid immersed portion between said projection optical system and said substrate is in the vicinity of the periphery of said substrate.

14. The exposure apparatus according to claim 1, wherein the substrate stage that holds said substrate has a suction hole to hold said substrate by suction,

said exposure apparatus further comprising a third recovery device that recovers the liquid discharged to the outside of said substrate and coming into said suction hole.

15. The exposure apparatus according to claim 14,

wherein said third recovery device includes a separator that separates a gas and the liquid introduced from said suction hole.

16. The exposure apparatus according to claim 1, wherein said recovery device includes a separator that separates the recovered liquid and a gas recovered together with the liquid.

17. The exposure apparatus according to claim 1, further comprising a second recovery device that recovers the liquid on said substrate from above said substrate.

18. The exposure apparatus according to claim 1, further comprising a liquid supply device that supplies the liquid onto said substrate from above said substrate, and almost the entire liquid supplied onto said substrate is recovered by said recovery device.

19. An exposure apparatus that transfers a pattern image on a substrate through a liquid and then carries out exposure to the substrate, comprising:

a projection optical system that projects the pattern image on the substrate;

a liquid supply mechanism that supplies the liquid from above said substrate; and

a recovery device that recovers the liquid supplied from said liquid supply mechanism,

said recovery device not recovering the liquid from above said substrate.

20. An exposure apparatus that transfers a pattern image on a substrate through a liquid and then carries out exposure to the substrate, comprising:

a projection optical system that projects the pattern image on the substrate;

a suction system that has a suction hole; and

a recovery device that recovers the liquid sucked through said suction hole.

21. The exposure apparatus according to claim 20, wherein said recovery device separates the liquid and a gas sucked through said suction hole.

22. The exposure apparatus according to claim 20, wherein said suction hole is provided to hold an object in a prescribed position.

23. The exposure apparatus according to claim 22, further comprising a substrate stage, said object is a substrate, and said suction hole is provided at said substrate

stage to hold the substrate by suction.

24. An exposure apparatus that transfers a pattern image on a substrate through a liquid and then carries out exposure to the substrate, comprising:

a projection optical system;

a substrate stage that holds said substrate; and

a recovery device that has at least a part provided at said substrate stage and carries out liquid recovery.

25. The exposure apparatus according to claim 24, wherein said recovery device recovers the liquid coming to the backside surface of said substrate.

26. The exposure apparatus according to claim 24, wherein said recovery device has a recovery portion at an upper surface of said substrate stage.

27. The exposure apparatus according to claim 26, wherein said substrate stage has a holding portion that holds the backside surface of said substrate and said recovery device has an additional recovery portion at said holding portion.

28. The exposure apparatus according to claim 24, wherein said recovery device includes a liquid absorbing

member.

29. The exposure apparatus according to claim 24, wherein said recovery device has a groove provided at said substrate stage.

30. The exposure apparatus according to claim 24, wherein said recovery device has a separator that separates the recovered liquid and a gas.

31. The exposure apparatus according to claim 24, wherein the liquid recovered by said recovery device is discharged as said substrate stage moves to a prescribed position.

32. The exposure apparatus according to claim 31, wherein said prescribed position includes a substrate exchange position.

33. The exposure apparatus according to claim 24, further comprising an interferometer mirror provided at said substrate stage, and the liquid recovery portion of said recovery device is provided near said interferometer mirror.

34. A device manufacturing method that uses the exposure

apparatus according to any one of claims 1, 19, 20, and 24.

35. An exposure method of carrying out exposure to a substrate by transferring a prescribed pattern image on the substrate using a projection optical system, comprising the steps of:

supplying a liquid between said projection optical system and said substrate from above the substrate;

recovering said supplied liquid from a position outside the substrate and lower than the substrate; and

carrying out exposure to said substrate while said liquid is supplied and recovered.

36. The exposure method according to claim 35, further comprising recovering said supplied liquid from above the substrate.